

**ANALISIS KEANDALAN DAN USULAN *PREVENTIVE*  
MAINTENANCE PADA MESIN CETAK BOBST LEMANIC 1150-C DI  
PT.XYZ, WARU**

**SKRIPSI  
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RAIHAN HILMY  
NIM. 125060701111011**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2017**

**ANALISIS KEANDALAN DAN USULAN *PREVENTIVE*  
MAINTENANCE PADA MESIN CETAK BOBST LEMANIC 1150-C DI  
PT.XYZ, WARU**

**SKRIPSI  
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RAIHAN HILMY  
NIM. 125060701111011**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2017**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 4 Januari 2018

Mahasiswa



Raihan Hilmy

NIM. 125060701111011

# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISIS KEANDALAN DAN USULAN *PREVENTIVE* *MAINTENANCE* MESIN BOBST LEMANIC 1150-C DI PT.XYZ, WARU

### SKRIPSI TEKNIK INDUSTRI

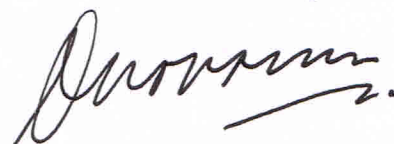
Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik




**RAIHAN HILMY**  
**NIM. 125060701111011**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
tanggal 4 Januari 2018

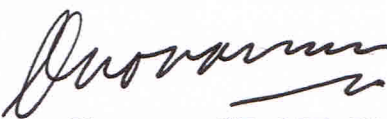
**Dosen Pembimbing I**

  
**Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19741115 200604 1 002**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Ihwan Hamdala, ST., MT.**  
**NIP. 2012088310181001**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Industri

  
**Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19741115 200604 1 002**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, maka penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga rahmat dan hidayah-Nya selalu dilimpahkan kepada penulis dan kita semua. Tidak lupa juga shalawat serta salam penulis panjatkan dan haturkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul "Analisis Keandalan dan Usulan *Preventive Maintenance* pada Mesin Bobst Lemanic 1150-C di PT.XYZ, Waru" ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana Strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan berkat adanya bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari semua pihak yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Ilham Abdullah dan Ibunda Suketi Madkus yang selalu memberikan kasih sayang yang tak terhingga, memberikan dukungan, semangat, motivasi, nasehat serta doa yang tidak pernah terputus.
2. Adik penulis, M. Naufal Allam, atas doa, semangat, daya saing, dan saran yang diberikan selama pengerjaan skripsi.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri dan selaku Dosen Pembimbing Skripsi I atas waktu yang telah diluangkan dan kesabaran dalam membimbing, memberikan arahan, motivasi serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
4. Bapak Ihwan Hamdala, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II atas waktu yang telah diluangkan dan kesabaran dalam membimbing, memberikan arahan, motivasi serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
5. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Bapak dan Ibu Dosen pengamat atau penguji pada seminar proposal, seminar hasil, dan ujian komprehensif atas saran dan masukannya, serta seluruh dosen Teknik Industri yang telah banyak mencurahkan ilmunya kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu Karyawan di Jurusan Teknik Industri khususnya *recording*, yang membantu penulis selama proses administrasi selama skripsi.

8. Mas Fajar Silaban ST., M.MT., yang telah memberikan kesempatan serta bimbingan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
9. STEEL 2012 untuk *Steel Forever Still Together*.
10. TIPEACE untuk segala senang damai tinggi bersama.
11. KMS yang telah menjadi bagian keluarga walau tidak satu buyut.
12. Bayu Saputra ST., IDM Surya Pramana ST, Elsyah Dhana Alfira, ST., dan Rizqi Aisyah ST., yang telah membantu dan terjun langsung membantu penyelesaian skripsi penulis.
13. Indhira Farah Putri Rozi yang telah menjadi penyemangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi penulis.
14. Bapak Fachrur Rozi SE., MM., Ibu RR Martik Sulistiana, dan Mas Zulfiqar Bhisma Putra Rozi SH., yang telah memberikan penulis banyak ilmu di luar perkuliahan dan memberikan gambaran hidup ke depan.
15. Dewan Teknik periode 2015/2016 dan FDH 2015/2016 sebagai rekan sejawat penulis dalam belajar menjadi pribadi organisator yang lebih baik dan membantu menjaga Keluarga Besar Mahasiswa Teknik dari oknum-oknum politik kampus.
16. Pimpinan dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
17. Sembilan Jendral Keamanan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
18. Keluarga Besar Mahasiswa Teknik dan Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Industri atas segala upaya regenerasinya.
19. Andre, Raji, Dono, Udnep dan segenap mahasiswa sejenis yang sulit untuk dideskripsikan setelah tersajinya secangkir kopi untuk obrolan lain sisi.
20. Mbak Uzlifatul Jannah, operator Warnet Trijaya yang dengan baik hati membantu melakukan *format editing*, saran, dan arahan selama penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, segala kritik dan saran sangat diharapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memenuhi sebagian kebutuhan referensi yang ada dapat memberikan manfaat. Kepada semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung mendapat imbalan sepantasnya dari Allah SWT. Amin.

Malang, Januari 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>RINGKASAN</b> .....	xv
<b>SUMMARY</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Batasan Penelitian.....	3
1.7 Asumsi Penelitian.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Keandalan.....	7
2.3 Pemeliharaan.....	7
2.4 Strategi Perawatan.....	8
2.4.1 <i>Preventive Maintenance</i> .....	8
2.4.2 <i>Corrective Maintenance</i> .....	8
2.5 Komponen Kritis.....	9
2.6 Distribusi Probabilitas.....	9
2.6.1 Fungsi Distribusi Kumulatif.....	9
2.6.2 Fungsi Keandalan.....	10
2.7 Model Distribusi.....	10
2.7.1 Model Distribusi Keandalan.....	10
2.8 Pola Dasar Laju Kerusakan.....	14
2.9 <i>Index of Fit</i> .....	15
2.10 <i>Goodness of Fit</i> .....	16

2.10.1	<i>Man's Test</i> .....	16
2.10.2	<i>Kolmogorov Smirnov</i> .....	16
2.11	MTTF ( <i>Mean Time to Failure</i> ).....	17
2.12	Diagram Paretto.....	17
2.13	<i>Reliability Block Diagram</i> .....	18
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	21
3.1	Jenis Penelitian .....	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.3	Data dan Jenis Data .....	21
3.4	Langkah Penelitian .....	22
3.4.1	Tahap Pendahuluan.....	22
3.4.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	22
3.4.3	Tahap Analisis dan Pembahasan.....	25
3.4.4	Kesimpulan dan Saran.....	25
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	26
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
4.1	Proses Produksi Bungkus Pres Rokok.....	27
4.2	Gambaran Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	28
4.3	Cara Kerja Mesin Bobst Lemanic 1150-C.....	29
4.4	Kerusakan Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	34
4.4.1	Pola Distribusi Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C.....	43
4.4.1.1	Pola Distribusi Kerusakan Komponen Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	43
4.4.1.1.1	Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	44
4.4.1.1.2	<i>Index of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Cutter Creaser</i> ....	45
4.4.1.1.3	<i>Goodness of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	50
4.4.1.1.4	Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	53
4.4.1.2	Pola Distribusi Kerusakan Blok <i>Printing Unit</i> .....	53
4.4.1.2.1	Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok <i>Printing Unit</i> .....	53
4.4.1.3	Pola Distribusi Kerusakan Blok <i>Infeed Printing</i> .....	54
4.4.1.3.1	Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok	



<i>Infeed Printing</i> .....	54
4.4.1.3.2 <i>Index of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Infeed Printing</i> ....	55
4.4.1.3.3 <i>Goodness of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Infeed Printing</i> .....	60
4.4.1.3.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok <i>Infeed Printing</i> .....	62
4.4.1.4 Pola Distribusi Kerusakan <i>Delivery Unit</i> .....	62
4.4.1.4.1 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok <i>Delivery Unit</i> .....	62
4.4.1.4.2 <i>Index of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Delivery Unit</i> .....	63
4.4.1.4.3 <i>Goodness of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Delivery Unit</i> .....	68
4.4.1.4.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok <i>Delivery Unit</i> .....	70
4.4.1.5 Pola Distribusi Kerusakan <i>Web Splicer</i> .....	71
4.4.1.5.1 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok <i>Web Splicer</i> .....	71
4.4.1.5.2 <i>Index of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Web Splicer</i> .....	72
4.4.1.5.3 <i>Goodness of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Web Splicer</i> .....	77
4.4.1.5.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok <i>Web Splicer</i> .....	78
4.4.1.6 Pola Distribusi Kerusakan <i>Festoon Unit</i> .....	79
4.4.1.6.1 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok <i>Festoon Unit</i> .....	79
4.4.1.6.2 <i>Index of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Festoon Unit</i> .....	80
4.4.1.6.3 <i>Goodness of Fit</i> Komponen Mesin Blok <i>Festoon Unit</i> .....	85
4.4.1.6.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok <i>Festoon Unit</i> .....	87
4.4.1.7 Pola Distribusi Kerusakan <i>Unwinder</i> .....	87
4.4.1.7.1 Perhitungan <i>Time to Failure</i> Komponen Mesin Blok <i>Unwinder</i> .....	87
4.4.2 MTTF ( <i>Mean Time To Failure</i> ) Komponen Mesin	
Bobst Lemanic 1150-C .....	88
4.4.2.1 MTTF Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	88
4.4.2.2 MTTF Blok <i>Printing Unit</i> .....	89

4.4.2.3	MTTF Blok <i>Infeed Printing</i> .....	89
4.4.2.4	MTTF Blok <i>Delivery Unit</i> .....	89
4.4.2.5	MTTF Blok <i>Web Splicer</i> .....	90
4.4.2.6	MTTF Blok <i>Festoon Unit</i> .....	90
4.4.2.7	MTTF Blok <i>Unwinder</i> .....	91
4.4.3	<i>Reliability</i> Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	91
4.4.3.1	<i>Reliability</i> Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	92
4.4.3.2	<i>Reliability</i> Blok <i>Printing Unit</i> .....	92
4.4.3.3	<i>Reliability</i> Blok <i>Infeed Printing</i> .....	92
4.4.3.4	<i>Reliability</i> Blok <i>Delivery Unit</i> .....	93
4.4.3.5	<i>Reliability</i> Blok <i>Web Splicer</i> .....	93
4.4.3.6	<i>Reliability</i> Blok <i>Festoon Unit</i> .....	94
4.4.3.7	<i>Reliability</i> Blok <i>Unwinder</i> .....	94
4.4.4	Analisis dan Pembahasan .....	94
4.4.4.1	Analisis Kerusakan Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C..	95
4.4.4.2	Analisis Waktu Perbaikan Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	97
4.4.4.3	Analisis Keandalan Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	98
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		101
5.1	Kesimpulan .....	101
5.2	Saran .....	101
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		103
<b>LAMPIRAN</b> .....		105

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Total <i>Downtime</i> Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	2
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu .....	6
Tabel 4.1	Komponen dan Fungsi Utama Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	33
Tabel 4.2	Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Januari-Maret 2016.....	34
Tabel 4.3	Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C April-Juni 2016.....	35
Tabel 4.4	Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Juli-September 2016 ...	36
Tabel 4.5	Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Oktober-Desember 2016 .....	37
Tabel 4.6	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Cutter Creaser</i> .....	38
Tabel 4.7	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Printing Unit</i> .....	39
Tabel 4.8	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Infeed Printing</i> .....	40
Tabel 4.9	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Delivery Unit</i> .....	40
Tabel 4.10	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Web Splicer</i> .....	41
Tabel 4.11	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Festoon Unit</i> .....	42
Tabel 4.12	Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok <i>Unwinder</i> .....	42
Tabel 4.13	Tabel <i>Time to Failure</i> Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	44
Tabel 4.14	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Normal Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	45
Tabel 4.15	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	46
Tabel 4.16	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	47
Tabel 4.17	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	47
Tabel 4.18	Tabel Perbandingan <i>Index of Fit</i> Manual dan <i>Index of Fit</i> dengan Minitab 17 .....	50
Tabel 4.19	Tabel <i>Goodness of Fit</i> Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	50
Tabel 4.20	Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan dengan Minitab 17.....	52
Tabel 4.21	<i>Time to Failure</i> Komponen <i>Guide Roll Cooler</i> .....	53
Tabel 4.22	Tabel <i>Time to Failure</i> Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	54
Tabel 4.23	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Normal Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	55
Tabel 4.24	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	56
Tabel 4.25	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	57
Tabel 4.26	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	58

Tabel 4.27	Tabel Perbandingan <i>Index of Fit</i> Manual dan <i>Index of Fit</i> dengan Minitab 17 .....	60
Tabel 4.28	Tabel <i>Goodness of Fit</i> Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	60
Tabel 4.29	Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan dengan Minitab 17 .....	62
Tabel 4.30	Tabel <i>Time to Failure</i> Komponen <i>Roller Conveyer</i> .....	63
Tabel 4.31	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Normal Komponen <i>Roller Conveyer</i> .....	64
Tabel 4.32	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Roller Conveyer</i> .....	65
Tabel 4.33	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Roller Conveyer</i> .....	65
Tabel 4.34	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Roller Conveyer</i> .....	66
Tabel 4.35	Tabel Perbandingan <i>Index of Fit</i> Manual dan <i>Index of Fit</i> dengan Minitab 17 .....	68
Tabel 4.36	Tabel <i>Goodness of Fit</i> Komponen <i>Roller Conveyer</i> .....	69
Tabel 4.37	Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan dengan Minitab 17 .....	70
Tabel 4.38	Table <i>Time to Failure</i> komponen <i>Motor Splicer</i> .....	71
Tabel 4.39	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Normal Komponen <i>Motor Splicer</i> .....	72
Tabel 4.40	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Motor Splicer</i> .....	73
Tabel 4.41	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Motor Splicer</i> .....	74
Tabel 4.42	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Motor Splicer</i> .....	74
Tabel 4.43	Tabel Perbandingan <i>Index of Fit</i> Manual dan <i>Index of Fit</i> dengan Minitab 17 .....	76
Tabel 4.44	Tabel <i>Goodness of Fit</i> Komponen <i>Motor Splicer</i> .....	77
Tabel 4.45	Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan dengan Minitab 17 .....	78
Tabel 4.46	Tabel <i>Time to Failure</i> Komponen <i>Roller</i> .....	79
Tabel 4.47	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Normal Komponen <i>Roller</i> .....	80
Tabel 4.48	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Roller</i> .....	81
Tabel 4.49	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Roller</i> .....	82
Tabel 4.50	Tabel <i>Index of Fit</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Roller</i> .....	83
Tabel 4.51	Tabel Perbandingan <i>Index of Fit</i> Manual dan <i>Index of Fit</i> dengan Minitab 17 .....	84
Tabel 4.52	Tabel <i>Goodness of Fit</i> Komponen <i>Roller</i> .....	85
Tabel 4.53	Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan dengan	

Minitab 17.....	86
Tabel 4.54 Tabel <i>Time to Failure</i> Komponen <i>Motor Turner</i> .....	87
Tabel 4.55 Tabel Waktu rata-rata Kerusakan Komponen <i>Guide Roll Cooler</i> .....	89
Tabel 4.56 Tabel Waktu rata-rata Kerusakan Komponen <i>Motor Turner</i> .....	91
Tabel 4.57 Tabel Keandalan Komponen <i>Outfeed Roller</i> .....	92
Tabel 4.58 Tabel Keandalan Komponen <i>Guide Roll Cooler</i> .....	92
Tabel 4.59 Tabel Keandalan Komponen <i>Infeed Roller</i> .....	93
Tabel 4.60 Tabel Keandalan Komponen <i>Roller Conveyor</i> .....	93
Tabel 4.61 Tabel Keandalan Komponen <i>Motor Splicer</i> .....	93
Tabel 4.62 Tabel Keandalan Komponen <i>Roller</i> .....	94
Tabel 4.63 Tabel Keandalan Komponen <i>Motor Turner</i> .....	94
Tabel 4.64 Tabel Perbandingan Keandalan Setelah Waktu Perbaikan.....	98
Tabel 4.65 Tabel Perbandingan Keandalan Tiap Blok.....	100

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Siklus hidup komponen.....	14
Gambar 2.2	Diagram <i>paretto</i> .....	18
Gambar 2.3	Konfigurasi seri.....	18
Gambar 2.4	Konfigurasi paralel.....	19
Gambar 2.5	<i>Reliability block diagram</i> mesin Boiler PT. X.....	19
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	26
Gambar 4.1	Proses produksi bungkus rokok PT. XYZ .....	27
Gambar 4.2	Skema mesin Bobst Lemanic 1150-C.....	29
Gambar 4.3	<i>Realibility block diagram</i> mesin Bobst Lemanic 1150-C .....	29
Gambar 4.4	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>unwinder</i> . .....	30
Gambar 4.5	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>web splicer</i> . .....	30
Gambar 4.6	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>festoon unit</i> .....	31
Gambar 4.7	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>infeed printing</i> .....	31
Gambar 4.8	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>printing unit</i> . .....	31
Gambar 4.9	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>cutter creaser</i> . .....	32
Gambar 4.10	<i>Realibility block diagram</i> unit <i>delivery unit</i> . .....	32
Gambar 4.11	Diagram <i>paretto</i> kerusakan blok mesin Bobst Lemanic 1150-C.....	38
Gambar 4.12	Diagram <i>paretto</i> kerusakan data frekuensi blok <i>cutter creaser</i> .....	39
Gambar 4.13	Diagram <i>paretto</i> kerusakan blok <i>printing unit</i> .....	39
Gambar 4.14	Perbandingan data frekuensi kerusakan blok <i>infeed printing</i> .....	40
Gambar 4.15	Diagram <i>paretto</i> data frekuensi kerusakan blok <i>delivery unit</i> .....	41
Gambar 4.16	Perbandingan data frekuensi kerusakan blok <i>delivery unit</i> .....	41
Gambar 4.17	Perbandingan data frekuensi kerusakan blok <i>festoon unit</i> .....	42
Gambar 4.18	Diagram <i>paretto</i> data frekuensi kerusakan blok <i>unwinder</i> .....	43
Gambar 4.19	<i>Input data</i> ke dalam <i>worksheet</i> .....	49
Gambar 4.20	Langkah-langkah pengolahan data .....	49
Gambar 4.21	<i>Output</i> pengolahan data dengan Minitab 17 <i>outfeed roller</i> .....	49
Gambar 4.22	<i>Dialog box individual distribution identification</i> .....	52
Gambar 4.23	<i>Output</i> pengolahan data dengan Minitab 17 <i>infeed roller</i> .....	59
Gambar 4.24	<i>Output</i> pengolahan data dengan Minitab 17 <i>roller conveyor</i> .....	67
Gambar 4.25	<i>Output</i> pengolahan data dengan Minitab 17 <i>motor splicer</i> .....	76

Gambar 4.26	<i>Output</i> pengolahan data dengan Minitab 17 <i>roller</i> .....	84
-------------	---	----



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	<i>Time To Failure</i> Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C
Lampiran 2	<i>Mean Time To Failure</i> Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C
Lampiran 3	Kegagalan Fungsi Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C
Lampiran 4	Interpolasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

## RINGKASAN

**Raihan Hilmy**, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Analisis Keandalan Dan Usulan Preventive Maintenance Mesin Cetak Bobst Lemanic 1150-C Di PT.XYZ, Waru*, Dosen Pembimbing: Oyong Novareza dan Ihwan Hamdala

PT.XYZ merupakan anak perusahaan yang mencetak bungkus rokok dari sebuah perusahaan rokok tenama di Indonesia yang memiliki mesin cetak bungkus rokok dengan tingkat produksi harus stabil ataupun meningkat. *Down Time* mesin cetak bungkus rokok di PT.XYZ akibat kerusakan mesin yang mengakibatkan proses produksi berhenti.

Pada penelitian ini memberikan usulan *preventive maintenance* untuk meningkatkan keandalan Mesin Bobst Lemanic 1150-C yang merupakan salah satu mesin produksi bungkus rokok di PT.XYZ. Pada penelitian ini menggunakan *Reliability Block Diagram* untuk mengetahui rangkaian pada level blok hingga level komponen. Penentuan komponen kritis pada penelitian ini menggunakan diagram *pareto* untuk melihat blok dan komponen dengan penyebab *downtime* tertinggi. Pendugaan distribusi kerusakan (normal, lognormal, eksponensial, dan *weibull*) dan uji kecocokan distribusi dilakukan untuk mengetahui pola distribusi kerusakan pada mesin Bobst Lemanic 1150-C. *Mean time to failure* akan dijadikan waktu acuan yang kemudian disesuaikan untuk penjadwalan *preventive maintenance*. Perhitungan parameter distribusi pada penelitian ini nantinya akan digunakan untuk menghitung keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C pada saat ini maupun pada perhitungan perkiraan peningkatan keandalan setelah dilakukannya penerapan usulan *preventive maintenance* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

Penerapan usulan perbaikan strategi *maintenance* menjadi *preventive maintenance* meningkatkan nilai keandalan komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C didapat nilai kenaikan keandalan blok *unwinder* sebesar 4.69% dengan waktu perbaikan 1800 jam hingga 2160 jam, blok *web splicer* sebesar 22.81% dengan waktu perbaikan 480 jam hingga 960 jam, blok *festoon unit* sebesar 8.04% dengan waktu perbaikan 480 jam hingga 1440 jam, blok *infeed printing* sebesar 10,5% dengan waktu perbaikan 360 jam hingga 720 jam, blok *printing unit* sebesar 5,44% dengan waktu perbaikan 960 jam hingga 3600 jam, blok *cutter creaser* sebesar 16.72% dengan waktu perbaikan 360 jam hingga 4800 jam, dan blok *delivery unit* sebesar 38.67% dengan waktu perbaikan 480 jam.

**Kata kunci:** keandalan, MTTF, *preventive maintenance*, RBD

Halaman ini sengaja dikosongkan

## SUMMARY

**Raihan Hilmy**, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, January 2018, *Reliability Analysis and Preventive Maintenance Solution for Printing Machine Bobst Lemanic 1150-C in PT XYZ, Waru*. Supervisors: Oyong Novareza and Ihwan Hamdala

PT XYZ is subsidiary company to produce the cigarette's package for a famous cigarette's company in Indonesia, in order to have the cigarette's package printing machine with stabilized and improved production level. Down Time of the printing machine in PT XYZ was high caused by it's breakdown, therefore it's needed to upgrade the maintenance strategy.

This research is giving solution of preventive maintenance to improve the reliability of Machine Bobst Lemanic 1150-C which is one of cigarette package production machine in PT XYZ. Reliability Block Diagram used in this research to identify the sequence starting from block level up to component level. Determination of critical components on this research used Pareto Diagram to perceive block and component with highest downtime cause. Estimation of Breakdown Distribution (normal, lognormal, eksponensial, and weibull) and Goodness of fit test was done in order to identify the pattern of Breakdown Distribution on Machine Bobst Lemanic 1150-C. Mean time to failure would become time reference which then adjusted for scheduling preventive maintenance. Calculation of distribution parameter in this research will be used to calculate the reliability of Machine Bobst Lemanic 1150-C on this moment as well as on calculation of improvement reliability approximation after implicating solution preventive maintenance on Machine Bobst Lemanic 1150-C.

Upgraded maintenance strategy to preventive maintenance is improving reliability values of component inside Machine Bobst Lemanic 1150-C, which is reflected in improved reliability value of unwinder bloc by 4.69% with 1800 - 2160 hour of repairing time, web splice bloc by 22.81% with 480 – 960 hour of repairing time, festoon unit bloc by 8.04% with 480-1140 hour of repairing time, infeed printing by 10.5% with 360-720 hour of repairing time, printing unit bloc by 5.44% with 960 - 3600 hour of repairing time, cutter creaser bloc by 16.72% with 360 – 4800 hour of repairing time, and delivery unit bloc by 38.67% with 480 hour of repairing time.

**Keywords:** MTTF, *preventive maintenance*, RBD, reliability

Halaman ini sengaja dikosongkan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar dari pelaksanaan penelitian yang akan dijelaskan pada latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, asumsi dan manfaat penelitian.

### **1.1 Latar Belakang**

Sehubungan dengan kebijakan tarif cukai Hasil Tembakau (HT) tahun 2016, Menteri Keuangan telah menetapkan Peraturan Menteri Keuangan (PMK) Nomor 198/PMK.010/2015 tanggal 6 November 2015 tentang Perubahan Kedua Atas PMK Nomor 179/PMK.011/2012 tentang Tarif Cukai Hasil Tembakau, dengan ketentuan tarif cukainya mulai berlaku pada tanggal 1 Januari 2016. Hal ini mendorong setiap produsen rokok untuk menjual produknya dengan harga yang lebih mahal atau bisa juga dengan lebih banyak menjual produknya agar tidak mengalami kemunduran dari hasil pendapatan atau bahkan mengalami kerugian. Banyaknya produk rokok yang dijual oleh perusahaan rokok berbanding lurus dengan tingkat produksi rokok yang harus stabil ataupun meningkat.

PT. XYZ merupakan anak perusahaan yang memproduksi bungkus rokok dari produsen rokok ternama di Indonesia. PT. XYZ pada buku laporan keuangannya menutup tahun 2016 dengan pangsa pasar 20,8% (berdasarkan data Nielsen). Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan (PMK) Nomor 198/PMK.010/2015 dan juga pangsa pasar dari produk rokok PT.XYZ salah satu cara perusahaan untuk tetap bertahan adalah dengan mempertahankan ataupun meningkatkan jumlah produksi rokok yang artinya jumlah produksi bungkus rokokpun harus ditingkatkan.

Salah satu faktor penting dalam proses produksi adalah keandalan mesin produksi. Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi (Ebeling, 1997). Keandalan suatu mesin produksi sangat menentukan kualitas dan kuantitas produk yang ditargetkan oleh suatu perusahaan. Karena itu mesin produksi dengan tingkat keandalan optimal adalah sebuah syarat perusahaan untuk merealisasikan targetnya dalam bentuk produk.

Beberapa mesin produksi yang digunakan PT. XYZ diantaranya adalah Bobst Lemanic 850, Bobst Lemanic 650, dan Bobst Lemanic 1150. Proses pencetakan bungkus rokok yang

ada di PT. XYZ bergantung pada keandalan mesin-mesin ini. Keandalan mesin-mesin cetak bungkus rokok yang ada di PT XYZ merupakan hal penting yang harus dijaga oleh perusahaan agar dapat mengejar target produksinya.

Pada penelitian kali ini difokuskan pada mesin Bobst Lemanic 1150-C yang memiliki kemampuan produksi 110 m/menit dengan waktu *downtime* perbulan seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1

Tabel *Down Time* Mesin Bobst Lemanic 1150-C

No	Bulan	<i>Downtime</i> (Menit)
1	Januari	550
2	Februari	460
3	Maret	485
4	April	570
5	Mei	695
6	Juni	475
7	Juli	545
8	Agustus	740
9	September	585
10	Oktober	695
11	November	505
12	Desember	665

Sumber: PT.XYZ

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat diketahui bahwa waktu *downtime* Bobst lemanic berkisar antara 460 menit hingga 740 menit. Strategi perawatan mesin yang digunakan oleh perusahaan selama ini berupa *corrective maintenance*, dimana perawatan atau pergantian komponen dilakukan ketika mesin rusak atau mati karena kendala mekanis yang dialami selama proses produksi. Proses perbaikan seperti ini bisa merugikan perusahaan karena mesin mati akibat kerusakan komponen pada saat proses produksi berlangsung. Maka penelitian kali ini akan membahas tentang bagaimana kondisi keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C dengan menggunakan *Reliability Block Diagram* agar dapat menggambarkan target dengan penempatan blok berturut-turut dan paralel atau dengan kombinasi. Blok dapat digunakan untuk memodelkan fungsi atau peralatan struktur hirarki dari objek diperiksa dengan melihat di level berapa unit atau komponen kritis. Perhitungan *time to failure* mesin Bobst Lemanic 1150-C untuk melihat kondisi eksisting waktu *down time* mesin dapat dijadikan acuan perbaikan *preventive maintenance* agar *down time* mesin berkurang setelah didapati perhitungan waktu kerusakan dan dilakukan perbaikan sebelum mesin mati karena kerusakan komponen.



## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Mesin Bobst Lemanic 1150-C rusak dan mengakibatkan berhentinya proses produksi bungkus rokok.
2. Strategi *corrective maintenance* yang tidak tepat dalam perawatan mesin Bobst Lemanic 1150-C.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain:

1. Bagaimana waktu kerusakan komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C.
2. Berapa nilai peningkatan keandalan jika diterapkan usulan *preventive maintenance*.

## 1.4 Tujuan

Sehubungan dengan permasalahan yang telah dikemukakan sebelumnya, maka penelitian ini memiliki tujuan:

1. Menganalisis pola waktu kerusakan komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C.
2. Menganalisis nilai keandalan komponen kritis pada saat diterapkan rencana usulan perbaikan dengan menggunakan *preventive maintenance*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Memberikan gambaran pada kondisi waktu kerusakan *existing* mesin Bobst Lemanic 1150-C dan keandalannya.
2. Memberikan usulan perbaikan sistem *preventive maintenance* agar mesin Bobst Lemanic 1150-C agar tidak terjadi kerusakan secara tiba-tiba yang menyebabkan berhentinya proses produksi.

## 1.6 Batasan Penelitian

PT. XYZ memiliki banyak mesin cetak namun proses dan produksi yang dilakukan beragam, oleh karena itu masalah yang akan dibahas akan dibatasi sebagai berikut.

1. Pengamatan dilakukan di lantai produksi PT. XYZ.
2. Pengamatan dilakukan pada mesin Bobst Lemanic 1150-C Area 3.

3. Data *downtime* mesin Bobst Lemanic 1150-C Area 3 dari bulan Januari 2016–Desember 2016.

### **1.7 Asumsi Penelitian**

Beberapa Asumsi yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah:

1. Penelitian ini tidak mempertimbangkan analisis biaya *maintenance*.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang diuraikan secara ringkas yang dapat menambah wawasan dan dijadikan referensi dalam melakukan penelitian. Tinjauan pustaka ini memiliki tujuan untuk memberikan fondasi dalam melakukan penelitian.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Sebelum penelitian ini ada dilaksanakan, penelitian terdahulu dengan pembahasan yang relevan dapat menjadi referensi penelitian ini untuk pemahaman konsep yang sesuai. Penelitian terdahulu yang menjadi referensi adalah sebagai berikut:

1. Prawiro (2012) melakukan penelitian perencanaan persediaan roda gigi mesin gerinda roda gerinda *Silicone Carbide* Ø 205 mm duduk yang digunakan untuk mengasah alat potong mesin perkakas dengan intensitas cukup tinggi. Perhitungan *Mean Time To Failure* roda gerinda digunakan sebagai salah satu dasar dalam perencanaan persediaan dari roda gerinda. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pola distribusi data pergantian roda gerinda adalah pola distribusi *gamma*. maka jadwal perawatan/ pergantian roda gerinda adalah  $\leq 6$  hari jalan. sehingga jumlah persediaan yang harus dimiliki adalah sekurang-kurangnya 1 buah dalam waktu kurang dari 6 hari.
2. Mulyana dkk (2015) melakukan penelitian di PLTU Labuan 2 Banten dengan mengetahui keandalan (*reliability*), persediaan dan titik pemesanan kembali untuk komponen kritis mesin *conveyor*. Hasil penelitian yang didapat dari perhitungan distribusi *weibull* adalah parameter skala ( $\alpha$ ) dan parameter bentuk ( $\beta$ ) yang digunakan untuk menghitung keandalan, hasilnya yaitu, untuk komponen *return idler* 45.26 %, komponen *rubber skirt* 38.88 dan komponen *steering return idler* 38.54 %. Sedangkan persediaan komponen mesin *conveyor* selama 300 hari yaitu komponen *return idler* sebanyak 62 unit, komponen *carry idler* sebanyak 37 unit dan untuk komponen *steering return idler* sebanyak 24 unit. Titik pemesanan kembali (*reorder point*) komponen *return idler* 19 unit, komponen *rubber skirt* 20 unit dan komponen *steering return idler* 5 unit.
3. Setiawan dkk (2015) meneliti tentang keandalan mesin vopack pada produksi tissue basah *cologne* di CV. Cool Clean. Penelitian ini menunjukkan bahwa keandalan

komponen kritis *O-Ring* sebesar 1,46 %, klep pipa sebesar 3,75 %, seal heater sebesar 7,64 %, pisau *foil* I sebesar 2,28 %, pisau *foil* L sebesar 4,01 %, pir pisau *foil* I dan L sebesar 7,64 %. Dengan keandalan komponen sebesar sekian maka keandalan mesin Volpack yang di dapatkan sebesar 0,000000459 %. Penerapan *preventive maintenance* menjadi usulan perbaikan agar keandalan mesin Volpack dapat meningkat.

4. Ilwan dkk (2016) meneliti tentang penelitian tentang penentuan jadwal perawatan mesin pompa Grundfos I, II, dan III melalui analisis keandalan pada PDAM Gunung Lipan, Kalimantan Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keandalan Grundfos I adalah 0.705 di hari ke-16 dari operasi. Keandalan Grundfos II adalah 0.700 pada hari ke-24 dari operasi, sementara itu, keandalan Grundfos III adalah 0.703 pada hari ke-19 dari operasi. Jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos I adalah maksimum setiap 45 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 2,834 jam. Jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos II adalah maksimum setiap 47 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 1.001 jam, sementara jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos III maksimum setiap 53 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 6.203 jam.

Tabel 2.1  
Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Metode	Objek Penelitian	Output
1	Prawiro (2012)	Analisis Keandalan dan MTTF	Roda gigi mesin gerinda roda gerinda <i>Silicone Carbide</i>	Komponen kritisnya adalah roda gigi mesin gerinda roda gerinda <i>Silicone Carbide</i> Ø 205 mm, MTTF gigi mesin gerinda roda gerinda <i>Silicone Carbide</i> Ø 205 mm, keandalan gigi mesin gerinda roda gerinda <i>Silicone Carbide</i> Ø 205 mm
2	Mulyana dkk (2015)	Analisis Keandalan, MTTF, dan EOQ	<i>Conveyor</i> PLTU Labuan 2 Banten	EOQ dari komponen kritis adalah return idler sebanyak 62 unit, komponen <i>carry idler</i> sebanyak 37 unit dan untuk komponen <i>steering return idler</i> sebanyak 24 unit, MTTF, keandalan untuk komponen <i>return idler</i> 45.26 %, komponen <i>rubber skirt</i> 38.88 dan komponen <i>steering return idler</i> 38.54 %.
3	Setiawan dkk (2015)	Analisis Keandalan, analisis penyebab terjadinya kegagalan	Mesin Volpack di PT Cool Clean	Keandalan dari komponen kritis <i>O-Ring</i> sebesar 1,46 %, klep pipa sebesar 3,75 %, <i>seal heater</i> sebesar 7,64 %, pisau <i>foil</i> I sebesar 2,28 %, pisau <i>foil</i> L sebesar 4,01 %, pir pisau <i>foil</i> I dan L sebesar 7,64 %.
4	Ilwan dkk	Analisis	Mesin pompa	Keandalan Grundfos I adalah

No	Nama Peneliti	Metode	Objek Penelitian	Output
	(2016)	Keandalan dan MTTF	Grundfos PDAM Gunung Lipan	0.705 di hari ke-16 dari operasi. Keandalan Grundfos II adalah 0.700 pada hari ke-24 dari operasi, sementara itu, keandalan Grundfos III adalah 0.703, MTTF Grundfos I adalah maksimum setiap 45 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 2,834 jam. Jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos II adalah maksimum setiap 47 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 1.001 jam, sementara jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos III maksimum setiap 53 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 6.203 jam

## 2.2 Keandalan

Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi (Ebeling, 1997). Secara umum keandalan (*Reliability*) dapat didefinisikan sebagai kemungkinan suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan. Kondisi mesin yang bekerja sesuai dengan perencanaan produksi yang sudah ditentukan, sehingga dengan kondisi mesin yang optimal perusahaan tidak mengalami kehilangan produksi yang diakibatkan kegagalan mesin tersebut. Tingkat keandalan atau *reliability* adalah peluang suatu mesin atau komponen agar dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan pada periode tertentu pada kondisi normal yang telah ditetapkan.

Sedangkan keandalan (*Reliability*) menurut Dhillon (1999:32) adalah probabilitas suatu item dalam menjalankan fungsinya secara memuaskan selama periode waktu tertentu dan digunakan atau dioperasikan dalam kondisi yang semestinya. Keandalan suatu mesin dengan begitu dapat diartikan juga bagaimana mesin dapat terus bekerja tanpa mengalami kendala *speed lost* atau bahkan *down time* yang tidak direncanakan oleh manajemen perusahaan.

## 2.3 Pemeliharaan

Menurut Assauri (2004:95) pemeliharaan merupakan kegiatan pada suatu perusahaan yang sama pentingnya dengan kegiatan produksi. Peranan pemeliharaan baru akan sangat

terasa jika sistem mulai mengalami gangguan atau tidak dapat dioperasikan lagi (Kostas N. D, 1981:695). Sedangkan menurut Sudradjat (2011:2), perawatan atau dikenal juga dengan istilah *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang dipergunakan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Pemeliharaan yang direncanakan atau diterapkan oleh perusahaan haruslah tepat agar kerugian yang dialami karena kerusakan atau tidak berfungsinya suatu fasilitas tidak menjadi kerugian.

## **2.4 Strategi perawatan**

Strategi perawatan merupakan langkah dimana perusahaan menjaga dan melakukan perawatan pada fasilitas yang dimiliki selain untuk menjaga fasilitas yang dimiliki oleh perusahaan, strategi perawatan juga dapat meminimalisir pembelian suku cadang karena kerusakan yang mengakibatkan suku cadang harus diganti. Pergantian suku cadang yang cukup mahal tentu saja merugikan perusahaan jika terlebih suku cadang tersebut memiliki harga yang cukup mahal.

### **2.4.1 *Preventive Maintenance***

*Preventive maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal, umumnya secara periodik, dimana sejumlah tugas pemeliharaan seperti inspeksi, peraian, penggantian, pembersihan, pelumasan dan penyesuaian dilaksanakan (Ebeling, 189). Jadwal yang dimaksud adalah waktu yang ditentukan atau diperkirakan dimana fasilitas atau aset perusahaan harus dilakukan tindakan perawatan sesuai dengan arahan manajemen perusahaan sebelum terjadinya kerusakan.

### **2.4.2 *Corrective Maintenance***

Kebijakan ini merupakan strategi kurang baik karena dapat menimbulkan biaya tinggi, kehilangan kesempatan untuk mengambil keuntungan bagi perusahaan karena diakibatkan terhentinya mesin, keselamatan kerja tidak terjamin, kondisi mesin tidak diketahui dan tidak ada perencanaan waktu, tenaga kerja, maupun biaya yang baik (Sudrajat, 2011:17). Cara ini merupakan cara yang paling sederhana yang terkadang digantikan dengan metode periodik. Namun, walaupun cara ini merupakan cara yang paling sederhana, cara ini dapat menjadi solusi yang paling logis contohnya untuk komponen-komponen yang bukan bersifat kritis.

## 2.5 Komponen Kritis

Komponen kritis adalah kondisi suatu komponen yang berpotensi mengalami kerusakan yang berpengaruh pada keandalan operasional unit sistem. Penilaian komponen kritis dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *critical analysis* dengan menggunakan empat kriteria yaitu:

1. Frekuensi kerusakan tinggi

Frekuensi kerusakan yang tinggi pada suatu komponen jika tidak segera dilakukan tindakan perbaikan dapat merambat ke komponen utama yang berpotensi menimbulkan unit tidak dapat beroperasi (*breakdown*).

2. Dampak kerusakan pada sistem

Apabila terjadi kerusakan pada komponen akan menyebabkan sistem tidak berfungsi maksimal atau gagal melaksanakan fungsinya.

3. Pembongkaran dan pemasangannya sulit

Penggantian terhadap komponen yang rusak harus dilakukan pembongkaran, komponen diperbaiki atau diganti yang baru, lalu dilakukan pemasangan kembali. Faktor yang mempengaruhi kriteria ini antara lain posisi komponen, alat yang digunakan untuk pembongkaran, waktu yang diperlukan, mekanik yang berpengalaman, biaya jasa dan, harga komponen mahal. Harga komponen disebut mahal apabila harga komponen tersebut di atas harga rata-rata seluruh komponen yang ada pada satu mesin.

## 2.6 Distribusi Probabilitas

Distribusi peluang adalah sebaran kemungkinan terjadinya variabel acak tertentu. Variabel acak adalah peristiwa yang diharapkan akan terjadi, yang biasanya dilambangkan dengan  $X$ . Atau, suatu bilangan yang ditentukan oleh peristiwa yang dihasilkan dari kejadian. Variabel acak yang dimaksud pada kerusakan atau kegagalan suatu sistem adalah dimana mesin atau sistem mengalami kerusakan atau tidak sesuai dengan fungsi normalnya.

### 2.6.1 Fungsi Distribusi Kumulatif

Menurut Jardine (2006:17), fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari  $x$ . Dari pendaat tersebut dapat dilihat bahwa kemungkinan dari kerusakan sebuah sistem dalam waktu pengoperasiannya memiliki angka yang dapat diperkirakan. Kegagalan sebuah sistem tersebut dapat direkam untuk

menjadi acuan gambaran kegagalan sebuah sistem yang beroperasi seperti halnya untuk dilakukan perbaikan sebelum terjadinya kegagalan sebuah sistem.

### 2.6.2 Fungsi Keandalan

Keandalan dari suatu komponen atau sistem merupakan kemungkinan untuk tidak mengalami kegagalan atau dapat melaksanakan fungsi kerja selama periode waktu ( $t$ ). Kemungkinan ini diinterpretasikan dengan indeks keandalan yang merupakan fungsi waktu yang memiliki kisaran nilai 0 hingga 1. Indeks keandalan bernilai 0 (nol) berarti bahwa pada waktu yang ditentukan, kemungkinan kegagalan elemen adalah 100% (pasti gagal) dan indeks keandalan bersifat 1 (satu) berarti kemungkinan kegagalan sistem adalah 0% atau peluang suksesnya adalah 100% (pasti sukses).

## 2.7 Model Distribusi

Suatu model distribusi kerusakan suatu mesin dapat diketahui dengan menggunakan distribusi statistik. Distribusi yang dipakai antara lain distribusi *weibull*, normal, lognormal, dan eksponensial.

### 2.7.1 Model Distribusi Keandalan

Terdapat empat model distribusi (Lewis, 1996) yang digunakan dalam pengukuran keandalan suatu sistem, yaitu:

#### 1. Model Distribusi Normal

Distribusi normal (Gaussian) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Distribusi ini digunakan jika pengaruh suatu kerandoman diakibatkan oleh sejumlah besar variasi random yang tidak bergantung (saling bebas/ independen) yang kecil atau sedikit. Distribusi ini cocok digunakan untuk model *wear out* mesin. Fungsi-fungsi dalam distribusi normal yaitu:

##### a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); \quad -\infty < t < \infty \quad (2-1)$$

Sumber: Ebeling (1997:69)

##### b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (2-2)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)



## c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (2-3)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

## d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2-4)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

## e. MTTF

$$MTTF = \mu \quad (2-5)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

Keterangan:

$\mu$  : rata-rata

$\sigma$  : standar deviasi

$t$  : waktu

$f(t)$  : frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$  : keandalan

Konsep *reliability* distribusi normal tergantung pada nilai  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (standar deviasi).

## 2. Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi-fungsi dalam distribusi lognormal yaitu:

## a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); \quad -\infty < t < \infty \quad (2-6)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

## b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \ln(t) \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2-7)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

## c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \ln(t) \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2-8)$$

Sumber: Ebeling (1997:76)

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2-9)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

e. MTTF

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2-10)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

Keterangan:

$\mu$  : rata-rata

$\sigma$  : standar deviasi

$t$  : waktu

$f(t)$  : frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$  : keandalan

Konsep *reliability* distribusi lognormal tergantung pada nilai  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (standar deviasi).

3. Pola Distribusi Eksponensial

Untuk eksperimen probabilitas yang hasilnya menggambarkan suatu bentuk distribusi yang memiliki variasi ukuran kemencengan yang cukup signifikan, distribusi eksponensial merupakan salah satu alternatif model yang banyak digunakan. Distribusi eksponensial sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai  $\lambda$ , yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi-fungsi dari distribusi eksponensial:

a. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} ; t > 0 \quad (2-11)$$

Sumber: Ebeling (1997:51)

b. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2-12)$$

Sumber: Ebeling (1997:42)

c. Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2-13)$$

Sumber: Ebeling (1997:42)

d. Fungsi laju kerusakan

$$h(t) = \lambda \quad (2-14)$$

Sumber: Ebeling (1997:45)

- e. MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2-15)$$

Sumber: Ebeling (1997:42)

Keterangan:

$\mu$  : rata-rata

$\sigma$  : standar deviasi

$t$  : waktu

$f(t)$  : frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$  : keandalan

#### 4. Pola Distribusi *Weibull*

Dalam aplikasinya, distribusi ini sering digunakan untuk memodelkan “waktu hingga kegagalan” (*time to failure*) dari suatu sistem fisika. Ilustrasi yang khas, misalnya pada sistem dimana jumlah kegagalan meningkat dengan berjalannya waktu (misalnya keausan bantalan), berkurang dengan berjalannya waktu (misalnya daya hantar beberapa semi konduktor) atau kegagalan yang terjadi oleh suatu kejutan (shock) pada sistem. Fungsi-fungsi dari distribusi *Weibull* adalah:

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} \right] \quad (2-16)$$

$$t \geq \gamma; \alpha, \beta \geq 0$$

Sumber: Ebeling (1997:59)

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} \right] \quad (2-17)$$

Sumber: Ebeling (1997:59)

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} \right] \quad (2-18)$$

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

Sumber: Ebeling (1997:59)

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (2-19)$$

Sumber: Ebeling (1997:58)

- e. MTTF

$$MTTF = \alpha \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2-20)$$

Sumber: Ebeling (1997:59)

Keterangan:

$\mu$  : rata-rata

$\sigma$  : standar deviasi

$t$  : waktu

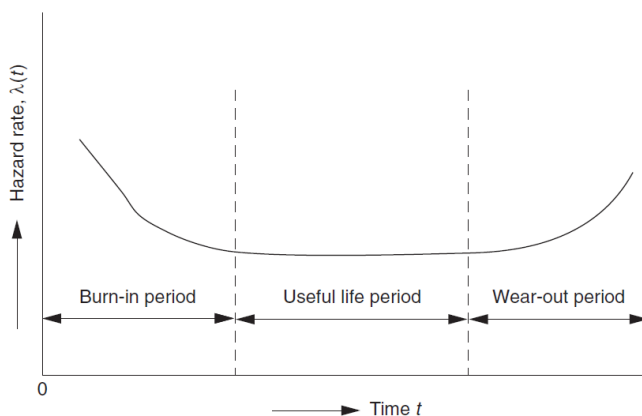
$f(t)$  : frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$  : keandalan

Dimana  $\Gamma$  merupakan fungsi gamma,  $\Gamma(n) = (n - 1)!$ , dapat diperoleh melalui nilai fungsi gamma, parameter  $\beta$  disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan *weibull*, sedangkan parameter  $\alpha$  disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup.

## 2.8 Pola Dasar Laju Kerusakan

Menurut Jardine (2006:19), fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu mendekati nol, maka fungsi laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat. Bentuk umum laju kerusakan sebagai fungsi waktu ( $\lambda$ ) dapat dilihat pada siklus hidup komponen (*bathub curve*) seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus hidup komponen  
Sumber: Dhillon (2002)

Menurut Dhillon (2002), tingkat resiko terhadap waktu kerusakan mengikuti bentuk dari *bathup* dengan pembagian seperti berikut.

1. *Burn-in period* ( $\beta < 1$ ), suatu sistem yang fase awalnya memiliki laju kerusakan atau kegagalan dan kemudian berangsur turun seiring dengan bertambahnya waktu pemakaian. Penggunaan prosedur yang salah, *setup* atau instalasi yang salah, proses manufaktur yang tidak baik, tes akhir yang tidak komplit, salah dalam pemindahan dan pengemasan, dll. Kerusakan seperti ini disebut kerusakan diri (*burn-in period*).

2. *Useful life period*, laju kerusakan atau kegagalan konstan dan kegagalan terjadi secara acak dan tidak terprediksi. Beberapa disebabkan karena lingkungan yang kurang baik, cacat yang tidak terprediksi, kesalahan manusia, kerusakan yang tidak dapat dihindari.
3. *Wear-out period* ( $\beta > 1$ ), seiring bertambahnya waktu fase kerusakan atau kegagalan yang semakin lama semakin mulai bertambah. Hal ini disebabkan oleh umur, perawatan pencegahan yang tidak sesuai, siklus hidup komponen yang terbatas, using karena gesekan, dll. Fase ini dapat direduksi secara signifikan dengan melakukan penggantian yang efektif dan membuat aturan dan prosedur perawatan pencegahan yang efektif.

## 2.9 Index Of Fit

Identifikasi data dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF) yaitu cara mencari nilai *index of fit* dari data TTR dan TTF yang ada. Distribusi yang dipakai pada metode ini adalah *weibull*, eksponensial, normal dan lognormal. Berikut adalah cara mencari nilai  $r$  untuk memilih distribusi yang akan dipakai. Nilai  $r$  tertinggi merupakan distribusi yang dipilih (Ahmad dkk, 2006).

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}} \quad (2-21)$$

$$F(ti) = \frac{1-0.3}{n+0.4} \quad (2-22)$$

$F(t)$  = Nilai distribusi kumulatif

$n$  = jumlah data kerusakan

$i$  = 1,2,3,...,n

$y_i$  atau  $z_i = y_i$  dipakai untuk distribusi *weibull* dan eksponensial sedangkan  $z_i$  dipakai untuk distribusi normal dan lognormal

Perbedaan kedua distribusi ini adalah dalam cara perhitungan  $x_i$  dan  $y_i$   $z_i$ . Berikut adalah cara perhitungan mencari kedua variabel tersebut untuk masing-masing distribusi.

a. Weibull

$$x_i = \ln t_i \quad (2-23)$$

$$y_i = \ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)})) \quad (2-24)$$

$y_i$  = nilai dari tabel distribusi weibull

b. Lognormal

$$x_i = \ln t_i \quad (2-25)$$

$$z_i = \Phi^{-1} [f(t_i)] \quad (2-26)$$

$z_i$  = nilai dari tabel distribusi lognormal

## 2.10 Goodness of Fit

Uji *Goodness of Fit* memiliki tujuan untuk mengetahui apakah suatu variabel bisa didekati menggunakan distribusi probabilitas atau tidak.

### 2.10.1 Man's Tes

Mann Whitney U Test adalah uji non-parametris yang digunakan untuk mengetahui perbedaan median 2 kelompok bebas apabila skala data variabel terikatnya adalah ordinal atau interval/ ratio tetapi tidak berdistribusi normal. Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

$H_0$ : Data kerusakan berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data kerusakan tidak berdistribusi *Weibull*

Uji statistiknya adalah:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]} \quad (2-27)$$

Sumber: Ebeling (1997:400)

Keterangan:

$$k_1 = \frac{r}{2}; \quad k_2 = \frac{r-1}{2}$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$$

$H_0$  akan diterima bila nilai  $M < M_{\text{Cruc}}$ . Nilai  $M_{\text{Cruc}}$  diperoleh dari tabel distribusi F dengan  $V_1 = 2k_1$  dan  $V_2 = 2k_2$

### 2.10.2 Kolmogorov Smirnov

Kolmogorov–Smirnov test (K-S test) merupakan pengujian statistik *non-parametric*. Yaitu mengukur perbandingan data empirik dengan data berdistribusi normal teoritik yang memiliki *mean* dan standar deviasi. Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

$H_0$ : Data kerusakan berdistribusi Normal atau Lognormal

$H_1$ : Data kerusakan tidak berdistribusi Normal atau Lognormal

Uji statistiknya adalah:

$$D_n = \max\{D_1; D_2\} \quad (2-28)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

Dimana:

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{1-i}{n} \right\} \quad (2-29)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (2-30)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} ; S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1} \quad (2-31)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

$t_i$ : data waktu kerusakan ke-i

s : standar deviasi

Kemudian membandingkan  $D_{\text{test}}$  dengan  $D_{\text{tabel}}$  yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov, data dapat dikatakan berdistribusi Weibull bila  $D_{\text{max}} < D_{n;\alpha}$ .

## 2.11 MTTF (*Mean Time to Failure*)

*Mean Time To Failure* (MTTF) adalah rata-rata waktu ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF juga merupakan harapan masa pakai peralatan atau komponen peralatan yang seringkali digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi  $E(t)$  (Lewis, 1996). *Mean Time To Failure* (MTTF) adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh  $f(t)$  sebagai berikut. (Ebeling, 1997).

$$\text{Mean Time To Failure} = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2-32)$$

Sumber: Ebeling (1997:26)

$$t_R = \alpha (-\ln R)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2-33)$$

Sumber: Ebeling (1997:59)

Keterangan:

t : waktu

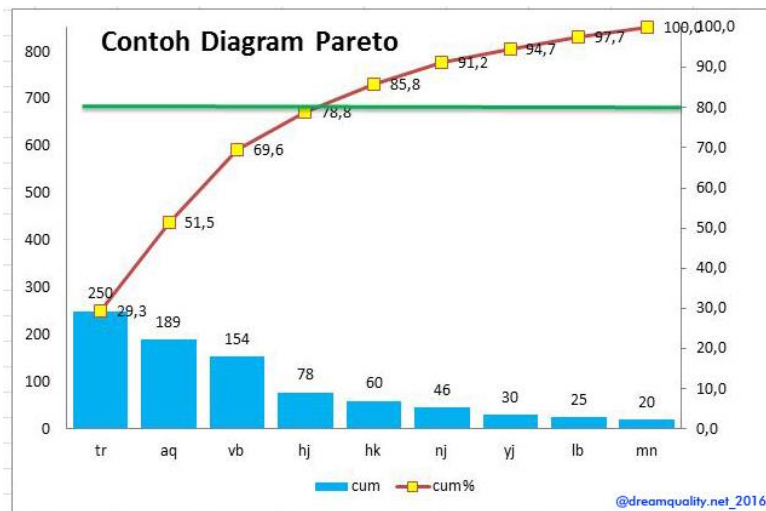
$f(t)$  : frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$  : keandalan

## 2.12 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya jumlah kejadian. Urutannya mulai dari jumlah permasalahan yang paling

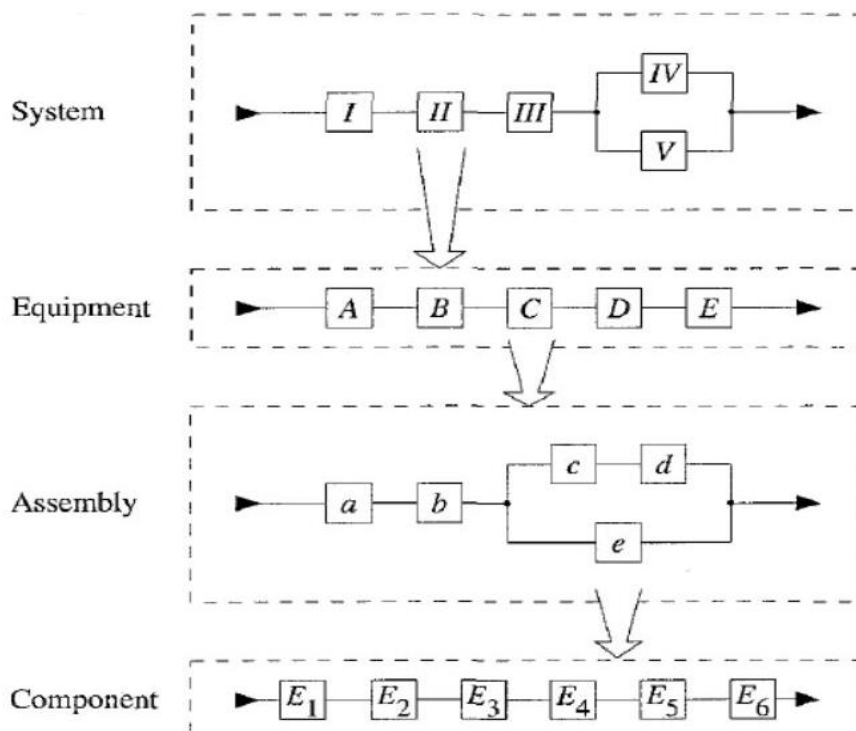
banyak terjadi sampai yang paling sedikit terjadi. Dalam grafik, ditunjukkan dengan batang grafik tertinggi (paling kiri) hingga grafik terendah (paling kanan).



Gambar 2.2 Diagram pareto

### 2.13 Reliability Block Diagram

*Reliability Block Diagram* (RBD) adalah sebuah metode untuk melakukan analisis keandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem (Ebeling, 1997).

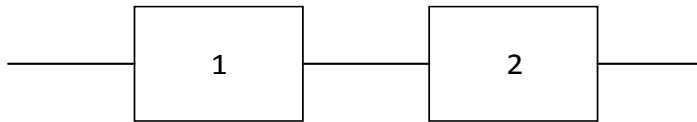


Gambar 2.3 Reliability blok diagram



### 1. Konfigurasi Seri

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen-komponen yang ada didalam system harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem tersebut dapat berjalan. Dengan kata lain, apabila ada satu komponen yang tidak bekerja, maka sistem tersebut akan gagal menjalankan fungsinya. Konfigurasi seri dapat dilihat pada Gambar 2.4.



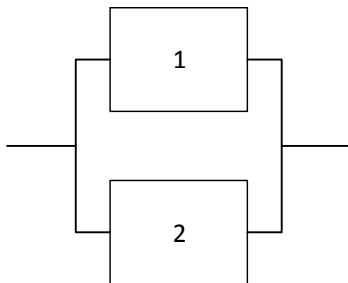
Gambar 2.4 Konfigurasi seri  
Sumber: Priyanta (2000:41)

Sehingga dalam melakukan perhitungan keandalan sistem yang memiliki konfigurasi seri adalah sebagai berikut.

$$R_{sistem} = R_1(t) \times R_2(t) \dots R_n(t) \quad (2-34)$$

### 2. Konfigurasi Paralel

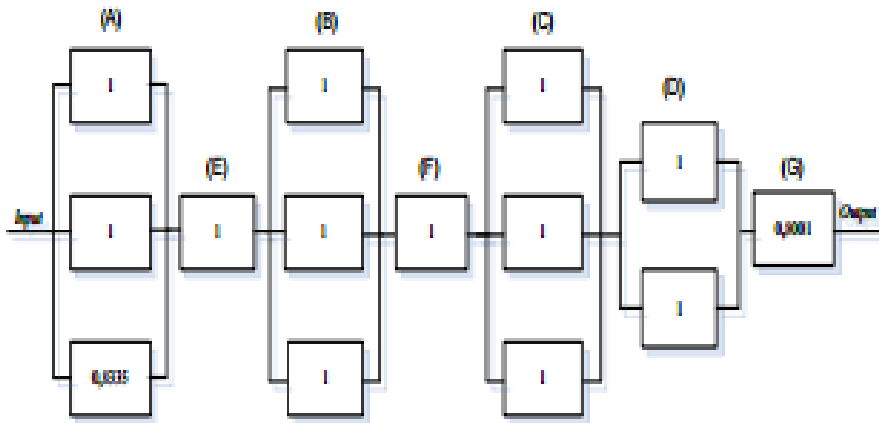
Suatu sistem dimodelkan dengan susunan paralel jika ada salah satu komponen tidak bekerja, maka sistem tersebut masih dapat berjalan. Konfigurasi paralel dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Konfigurasi paralel  
Sumber: Priyanta (2000:41)

$$R_{sistem} = 1 - ((1 - R_1(t)) \times (1 - R_2(t)) \dots (1 - R_n(t))) \quad (2-35)$$

Berikut Gambar 2.5 merupakan contoh *reliability block diagram* pada mesin boiler salah satu studi kasus di di PT.X.



Gambar 2.5 Reliability block diagram mesin boiler PT.X

Gambar 2.5 merupakan kombinasi konfigurasi keandalan sebuah mesin boiler dimana ada konfigurasi paralel disetiap unit yang tersambung secara seri yang membentuk suatu sistem kerja mesin boiler. Sistem tersebut menggambarkan salah satu sub unit di unit A dengan keandalan 0,1335 dan komponen di unit G sebesar 0,8001 dengan asumsi keandalan pada sub unit yang lain sebesar 1 atau dianggap memenuhi keandalan absolut.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian merupakan cara atau prosedur beserta tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang diteliti. Pada bab ini akan dijelaskan tahapan yang dilakukan dalam penelitian agar proses penelitian dapat terarah dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian.

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang menekankan pada penyajian data, menganalisis, dan menginterpretasikan data. Metode penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri tanpa membuat perbandingan atau menggabungkan antara variabel satu dengan yang lain (Sugiyono, 2012:35). Penelitian ini mendeskripsikan keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C di PT XYZ.

#### **3.2 Tempat dan Waktu**

Penelitian ini berlangsung di PT. XYZ , Waru, Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan dan dimulai pada bulan Februari 2017.

#### **3.3 Data dan Jenis Data**

Pengumpulan data dalam penelitian ini terbagi menjadi dua jenis data, yaitu:

##### **1. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian dan diamati di tempat pelaksanaan penelitian oleh peneliti. Data diperoleh dengan cara observasi di lapangan dan wawancara dengan pihak PT XYZ mengenai data-data yang diperlukan tentang mesin Bobst Lemanic 1150-C yang berkaitan dengan penelitian ini.

##### **2. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang diambil dari dokumentasi yang ada di perusahaan. Data dokumentasi yang dimiliki oleh perusahaan secara historis sebelum penelitian ini dilakukan dapat membantu penelitian tentang analisis keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C di PT XYZ.

### 3.4 Langkah Penelitian

Dalam penelitian kali ini langkah sistematis perlu dilakukan agar penelitian ini berjalan sesuai dengan kerangka dan konsep analisis keandalan untuk mesin Bobst Lemanic 1150-C.

#### 3.4.1 Tahap Pendahuluan

##### 1. Studi Lapangan

Studi lapangan atau mendeskripsikan sistem nyata bertujuan untuk memperoleh gambaran proses produksi dari bungkus rokok dan gambaran nyata mesin Bobst Lemanic 1150-C.

##### 2. Studi Literatur

Studi pustaka bertujuan untuk mencari informasi guna menunjang penelitian yang dilaksanakan di PT XYZ khususnya analisis keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C.

##### 3. Identifikasi masalah

Mengetahui masalah keandalan berupa kerusakan komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C.

##### 4. Perumusan masalah

Mengetahui acuan untuk penyelesaian masalah *down time* mesin karena kerusakan mesin ataupun komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C

##### 5. Penentuan tujuan

Penetapan tujuan dimaksudkan menganalisis pola waktu kerusakan komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C, menganalisis nilai keandalan mesin dan komponen kritis pada kondisi saat ini, dan menganalisis nilai keandalan mesin dan komponen kritis pada saat diterapkan rencana usulan perbaikan

#### 3.4.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

##### 1. Pengumpulan Data

Kualitatif:

###### a. Fungsi Komponen Mesin

Komponen mesin merupakan hal yang berpengaruh langsung terhadap keandalan mesin. Bobst Lemanic 1150-C.

b. Komponen mesin yang rusak

Kerusakan yang terjadi pada komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C bisa saja dimungkinkan karena beberapa hal diantaranya, usia komponen, kerusakan karena suatu kejadian, atau kerusakan karena kesalahan pada saat pemasangan komponen.

Kuantitatif:

a. Data Frekuensi Kerusakan

Frekuensi kerusakan mesin atau komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C akan menunjukkan atau menjadi gambaran seberapa sering mesin atau suatu komponen mengalami kerusakan.

b. Komponen mesin yang rusak

Kerusakan yang dimaksud secara jelas adalah komponen yang tidak lagi bekerja sesuai dengan kegunaannya atau kemampuan kerjanya untuk menunjang mesin Bobst Lemanic 1150-C untuk mencetak bungkus rokok. Dapat dilihat dari seberapa banyak produk jadi yang spesifikasinya maupun jumlah produk tidak sesuai dengan perencanaan, dapat pula dilihat dari seberapa lama atau seberapa frekuensi kerja suatu mesin atau suatu komponen mesin sesuai dengan kemampuan mesin Bobst Lemanic 1150-C secara teori.

c. Data waktu *down time*

Waktu *down time* mesin Bobst Lemanic 1150-C merupakan waktu dimana mesin mati dan tidak dapat digunakan untuk produksi dan perusahaan kehilangan jumlah produksi yang berbanding lurus dengan durasi *down time* mesin Bobst Lemanic 1150-C.

2. Pengolahan Data

a. Pembuatan RBD

*Reliability Block Diagram* (RBD) adalah sebuah metode untuk melakukan analisis keandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem (Ebeling, 1997). *Reliability Block Diagram* (RBD) menggambarkan target dengan penempatan blok mesin berturut-turut dan paralel atau dengan kombinasi pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

b. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dimaksudkan agar yang menjadi permasalahan keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C pada level unit, sub-unit, maupun komponen dapat dilihat dan diselesaikan. Penentuan komponen kritis dapat

dengan menggunakan data yang diperoleh dari PT XYZ yang menunjukkan pergantian paling sering atau unit, sub-unit, atau komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C yang mengalami kendala paling sering. Untuk penyajian datanya dapat juga menggunakan diagram pareto.

c. Perhitungan TTF komponen kritis

Perhitungan rata-rata waktu selama kerusakan guna mengetahui tentang seberapa handalnya peralatan/mesin Bobst Lemanic 1150-C dalam menghasilkan produk, yang dilihat dari waktu rata-rata komponen kritis itu akan berfungsi mulai dari satu kerusakan ke kerusakan berikutnya pendugaan distribusi TTF komponen kritis.

d. Perhitungan *Index of Fit*

Perhitungan *Index of Fit* pada waktu kerusakan mesin atau komponen kritis yang dimiliki oleh mesin Bobst Lemanic 1150-C akan menunjukkan suatu pola distribusi tersendiri yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan waktu perbaikan. Perhitungan *Index of Fit* dengan tiga distribusi, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi *weibull*. Setelah itu akan dipilih satu distribusi dengan nilai terbesar.

e. Pengujian *Goodness of Fit* dan penentuan parameter

Pengujian distribusi terpilih dari *time to failure* mesin ataupun komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C, hal ini dilakukan apakah pola distribusi mengikuti pola distribusi terpilih agar perhitungan untuk keandalan dan usulan waktu perbaikan didapatkan hasil perhitungan yang sesuai dengan keadaan mesin.

f. Perhitungan parameter distribusi

Parameter distribusi yang ditunjukkan dari data *time to failure* komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C merupakan indikator dari distribusi kerusakan yang dimiliki oleh mesin atau komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C. Penentuan parameter data dilakukan setelah kecocokan data yang sesuai dengan penelitian.

g. Perhitungan nilai keandalan komponen kritis sebelum usulan perbaikan

Perhitungan nilai keandalan komponen kritis sebelum usulan perbaikan akan memberikan gambaran secara *factual* dan kongkrit seberapa bisa komponen kritis bekerja sesuai dengan kemampuan teorinya dan seberapa besar kemungkinan kegagalannya.

h. Mencari waktu interval pergantian komponen kritis

Komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C yang sudah diidentifikasi keandalannya dapat dilihat interval waktu pergantiannya agar keandalan mesin

dapat terjaga dengan baik dan dapat meminimalisir *down time* yang mengakibatkan mesin tidak dapat melakukan proses produksi.

- i. Perhitungan nilai keandalan komponen kritis sesudah usulan perbaikan

Perhitungan nilai keandalan komponen kritis mesin Bobst Lemanic 1150-C setelah perbaikan dimaksudkan agar dapat dilihat seberapa peningkatan keandalan yang terjadi setelah dilakukan pengukuran dan perbaikan.

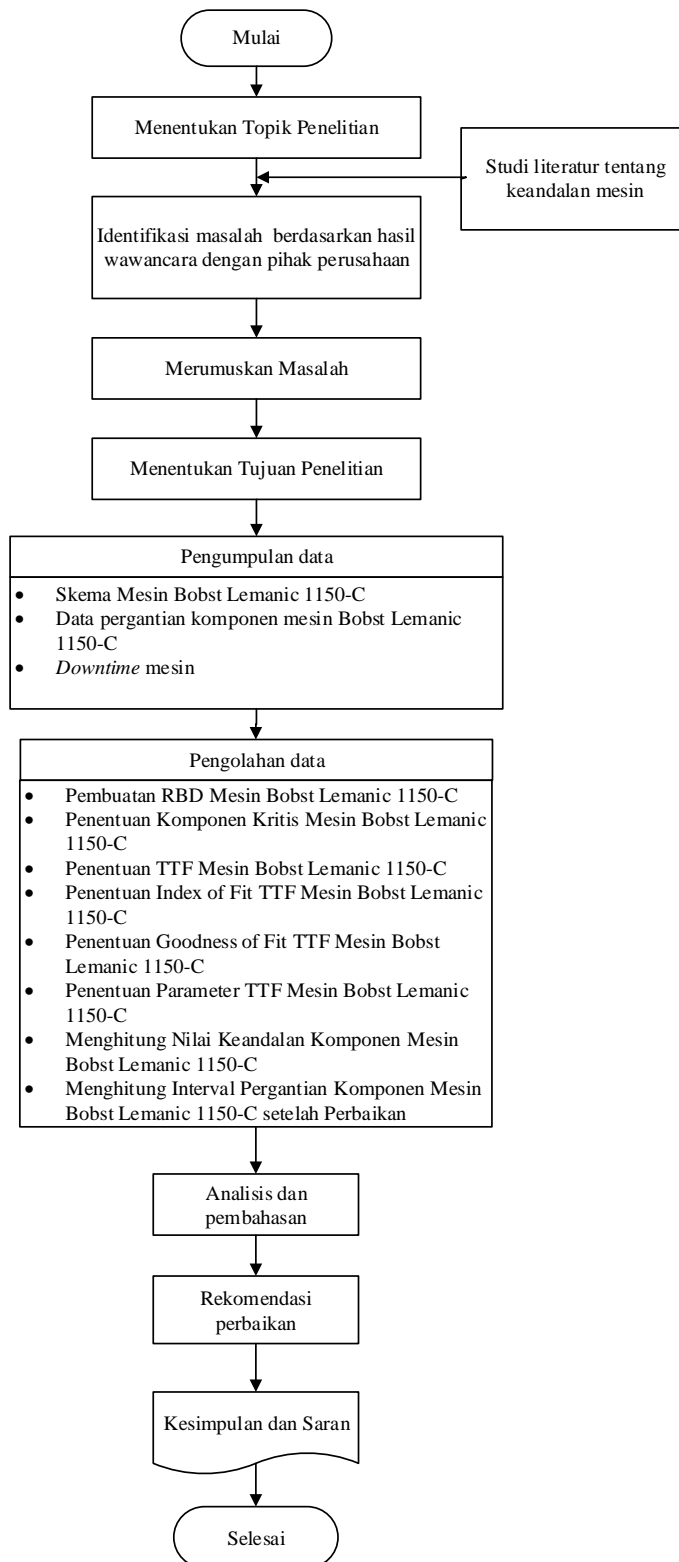
### **3.4.3 Tahap Analisis dan Pembahasan**

Tahap analisis dan pembahasan dilakukan setelah tahap pengolahan data selesai dilakukan. Kemudian dilakukan analisa nilai keandalan komponen kritis pada mesin Bobst Lemanic 150-C, kemudian dilakukan analisa perhitungan MTTF dan menentukan interval perawatan maka dapat menentukan usulan perbaikan perawatan mesin Bobst Lemanic 1150-C di PT XYZ. Sehingga proses produksi akan berjalan dengan lancar dan *down time* mesin akan terminimalisir.

### **3.4.4 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan saran merupakan proses akhir dari penelitian ini. Kesimpulan merupakan ringkasan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan. Saran berisi masukan yang diajukan kepada berbagai pihak dalam menindaklanjuti penelitian ini.

### 3.5 Diagram Alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

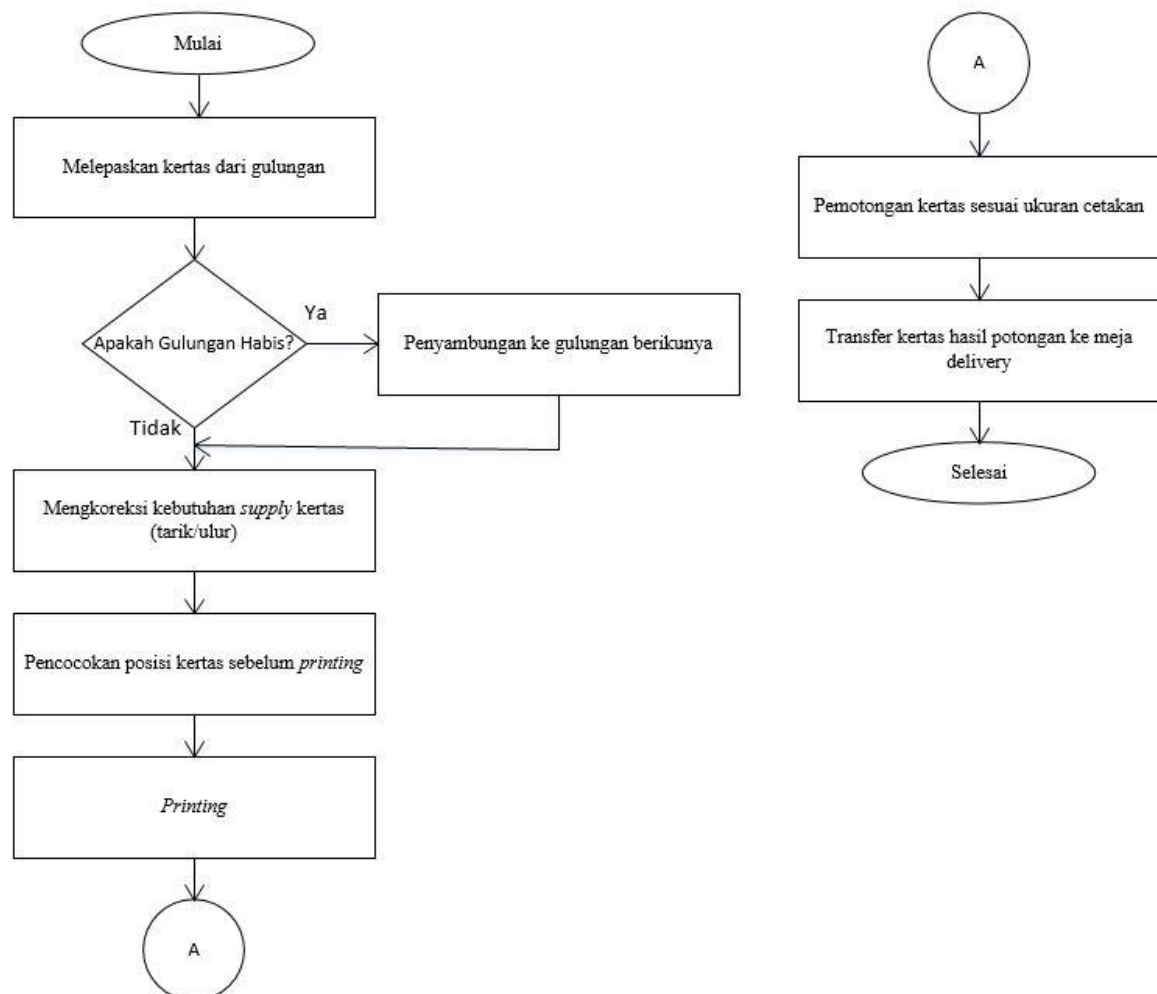


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan bagaimana proses produksi bungkus rokok, gambaran mesin pencetak bungkus rokok, analisis, dan hasil pembahasan dari analisis keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C yang menjadi studi kasus di PT.XYZ.

### 4.1 Proses Produksi Bungkus Pres Rokok

Gambar dibawah ini adalah alur proses produksi bungkus rokok di PT XYZ. Bahan utama dari bungkus pres rokok yang diproduksi adalah kertas jenis *ivory*. Berikut merupakan Gambar 4.1 yang menggambarkan proses produksi dari mulai melepaskan kertas dari gulungan hingga menjadi bungkus rokok dan di *transfer* ke meja *delivery*:



Gambar 4.1 Proses produksi bungkus rokok PT.XYZ

1. Melepaskan kertas dari gulungan

Material kertas yang menjadi bahan utama dari cetakan bungkus rokok berbentuk gulungan yang kemudian dilepaskan dari gulungannya. Material kertas tersebut berjenis *ivory*.

2. Penyambungan kertas ke gulungan berikutnya jika gulungan pertama habis

Material kertas yang diproduksi langsung disambung dengan gulungan kertas berikutnya ketika gulungan yang pertama habis.

3. Mengkoreksi kebutuhan *supply* kertas

Sebelum dilakukan *printing* maka kertas ditarik atau diulur agar dimensi kertas yang dicocokkan posisinya dengan *draft* cetakan sudah memiliki ukuran yang sesuai.

4. Pencocokan posisi kertas sebelum *printing*

*Draft* cetakan bungkus rokok yang sudah dibuat dicocokkan posisinya cetakannya dengan kertas sebelum kertas dicetak.

5. Poses *printing*

Proses pencetakan kertas bungkus rokok dengan teknik *rotogravure* yang dimana kertas bungkus rokok dicetak dengan menggunakan logam tembaga berputar.

6. Pemotongan kertas sesuai dengan ukuran cetakan

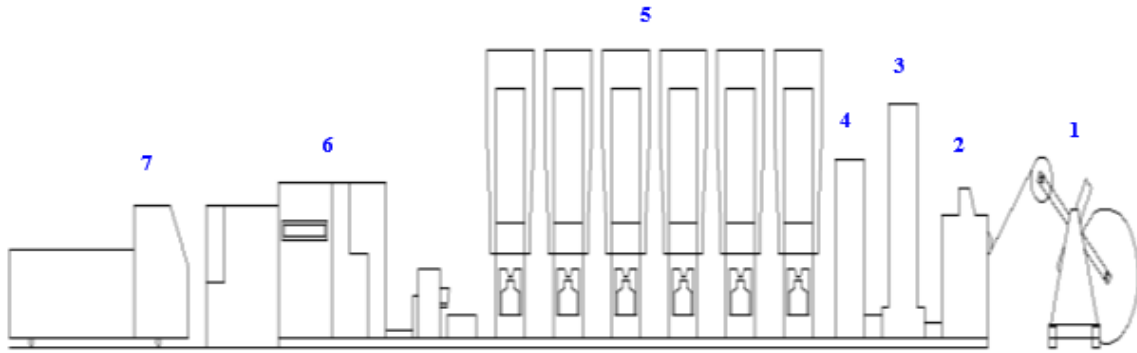
Setelah kertas dicetak dengan tinta sesuai dengan desain bungkus rokok yang direncanakan maka setelah itu bungkus rokok dipotong sesuai dengan ukuran yang direncanakan.

7. Transfer kertas hasil potongan ke meja *delivery*

Bungkus rokok yang sudah dicetak dan dipotong sesuai ukuran dikirim ke meja *delivery* oleh *conveyor*.

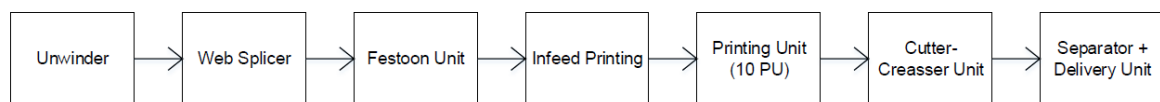
## 4.2 Gambaran Mesin Bobst Lemanic 1150-C

PT XYZ menggunakan mesin cetak Bobst Lemanic 1150-C untuk mencetak bungkus rokok. Dimesin ini gulungan kertas sebagai material utama diletakan ada unit mesin *Unwinder* untuk dijadikan lembaran panjang yang kemudian masuk ke unit-unit mesin berikutnya untuk dilakukan *printing* dan pemotongan sesuai dengan warna dan ukuran unguks rokok yang diproduksi PT.XYZ. Berikut merupakan gambaran dari mesin Bobst Lemanic 1150-C dengan penjelasan singkat fungsi dari tiap unit mesin yang ada dalam rangkaian mesin cetak Bobst Lemanic 1150-C pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Skema mesin Bobst Lemanic 1150-C

Berdasarkan Gambar 4.2 skema dari struktur penyusun mesin Bobst Lemanic 1150-C dapat dibuat *Reliability Block Diagram* untuk dapat melihat struktur kerja dari mesin Bobst Lemanic 1150-C. Gambar 4.3 merupakan *Reliability Block Diagram* untuk level pertama dan penjelasan fungsi dari tiap-tiap unit mesin penyusun dari Bobst Lemanic 1150-C adalah sebagai berikut :



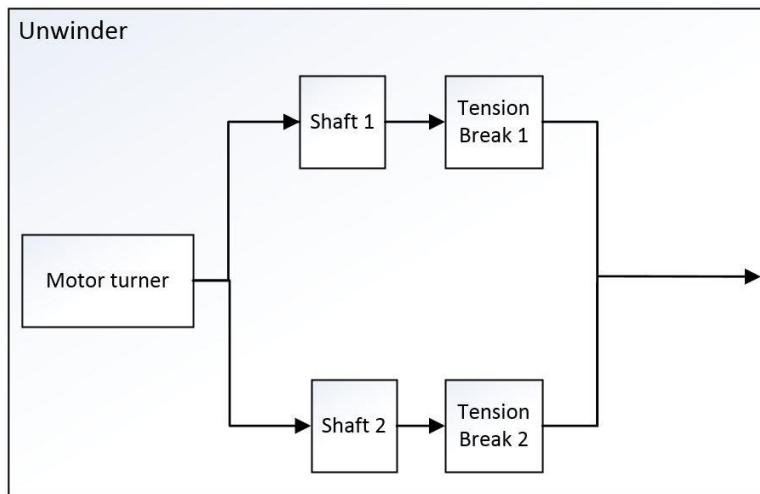
Gambar 4.3 Reliability Block Diagram Bobst Lemanic 1150-C

1. *Unwinder* : Unit mesin untuk melepaskan kertas dari gulungan
2. *Web Splicer* : Unit mesin untuk menyambung kertas dari gulungan yang habis ke gulungan berikutnya.
3. *Festoon Unit* : Unit mesin untuk *supply* kertas sesuai dengan kebutuhan printing
4. *Infeed Printing* : Unit mesin untuk menyesuaikan kertas dengan draft cetakan bungkus rokok (menarik/mengulur)
5. *Printing Unit* : Unit mesin untuk mencetak kertas dengan desain bungkus rokok
6. *Cutter Creasser* : Unit mesin untuk pemotongan bungkus rokok yang masih dalam bentuk lembaran panjang setelah dicetak di *printing unit*.
7. *Delivery unit* : Unit mesin dimana terdapat *conveyor* untuk mengirim kertas ke meja *delivery*

### 4.3 Cara Kerja Mesin Bobst Lemanic 1150-C

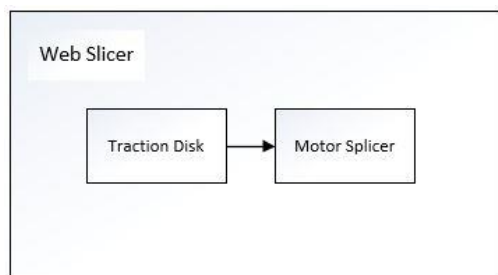
Mesin cetak bungkus rokok Bobst Lemanic 1150-C tersusun dari tiap-tiap unit mesin terangkai menjadi satu mesin cetak untuk memproduksi bungkus rokok. Setiap unit mesin Bobst Lemanic 1150-C terdiri dari blok mesin yang tersusun untuk bekerja sesuai dengan

funksinya. Berikut merupakan Gambar 4.4 yang menggambarkan *reliability block diagram* pada unit *unwinder*.



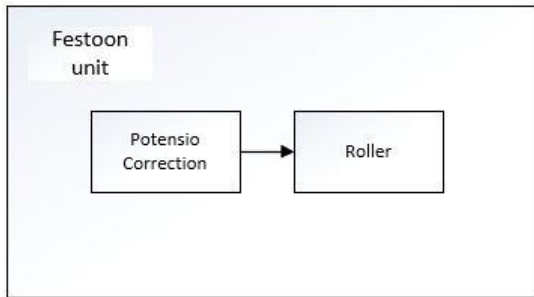
Gambar 4.4 Reliability block diagram unit *unwinder*

Bahan baku kertas *ivory* yang berupa gulungan dipasang di agar dapat ditarik oleh *infeed roller* untuk dijadikan lebaran yang dicetak di *printing unit*. Motor turner bekerja ketika gulungan kertas ada *shaft* pertama *unwinder* yang sedang bekerja habis dan digantikan dengan *shaft* yang kedua yang sudah dipasang gulungan kertas lainnya yang siap untuk disambung. *Break tension* berfungsi agar putaran *shaft* pada unit *unwinder* untuk melepaskan kertas dari gulungannya agar tidak liar akibat tarikan dari *infeed printing* pada kertas. Berikut merupakan Gambar 4.5 yang menggambarkan *reliability block diagram* pada unit *web splicer*.



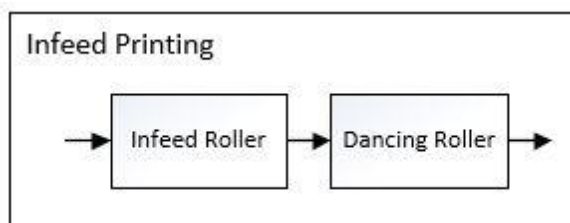
Gambar 4.5 Reliability block diagram unit *web splicer*

*Traction disk* memegang kertas dari dua gulungan yang saling disambung ketika kertas pada gulungan pertama habis. *Motor splicer* bergerak memotong kertas gulungan yang habis. Lem yang sudah tertempel pada sambungan kertas menempelkan kertas dengan bantuan *traction disk*. Berikut merupakan Gambar 4.6 yang menggambarkan *reliability block diagram* pada blok *festoon unit*.



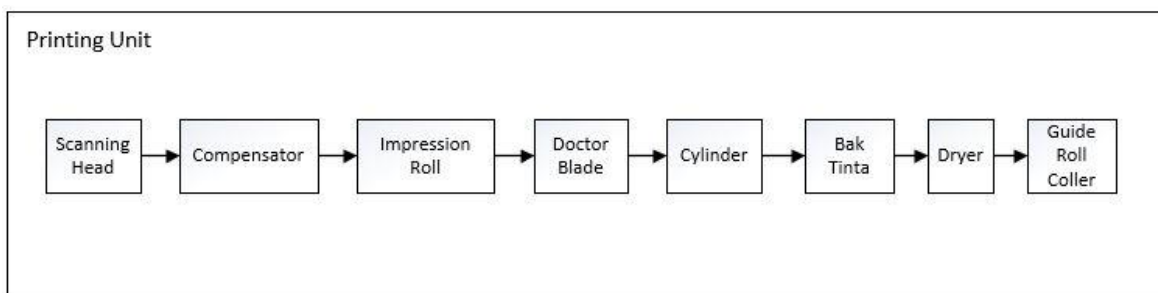
Gambar 4.6 Reliability block diagram blok festoon unit

Roller pada *potensio correction* meneruskan kertas dari *web splicer* ke *infeed printing*. *Potensio correction* mengubah ketinggian dari roller sesuai dengan kecepatan kertas yang dibutuhkan agar tidak terputus karena terlalu tegang ataupun agar tidak kendur. Berikut merupakan Gambar 4.7 yang menggambarkan *reliability block diagram* pada blok *infeed printing*.



Gambar 4.7 Reliability block diagram blok infeed printing

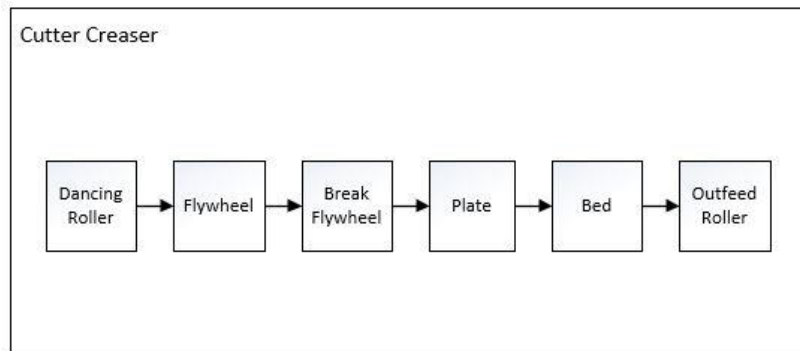
*Infeed roller* menarik kertas dari gulungan pada *unwinder*. *Dancing roller* bergerak mengatur ketegangan kertas yang diteruskan ke *printing unit*. Berikut merupakan Gambar 4.8 yang menggambarkan *reliability block diagram* pada blok *printing unit*.



Gambar 4.8 Reliability block diagram unit Printing Unit

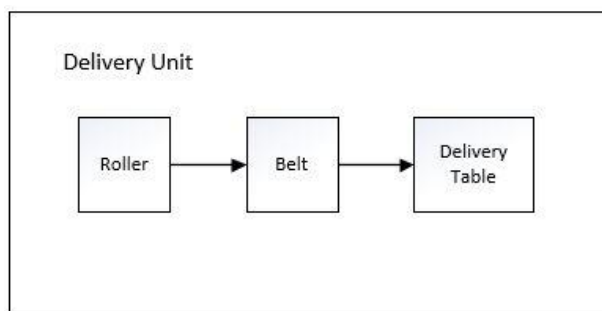
*Scanning head censor* pada *printing unit* untuk mengoreksi *mark* gambar agar dapat menjadi gambar yang sesuai pada saat pencetakan. Sedangkan *compensator* berfungsi menggerakkan *roll transfer* untuk membantu *scanning head* melihat kecocokan gambar dengan menggerakkan posisi kertas bahan bungkus rokok. *Impression roll* menekan kertas ke *cylinder printing* yang sudah terisi dengan tinta yang dicetak pada kertas. *Doctor blade* berfungsi agar tinta yang menempel pada *cylinder printing* tidak terlalu tebal dengan cara mengikis permukaan *cylinder printing*. Kertas yang sudah tercetak melewati *dryer* untuk

mengeringkan cat. *Guide roll coller* mendinginkan kertas yang sudah dicetak untuk masuk ke proses cetak berikutnya seperti Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9 Reliability block diagram unit Cutter Creaser

*Flywheel* menggerakkan *plate* untuk memotong kertas sedangkan *break flywheel* mengatur ketinggian langkah *flywheel* untuk memotong bungkus rokok yang sudah dicetak. Jika kertas yang masuk cepat maka *break flywheel* memperpendek jarak turun dari *flywheel* agar bisa segera naik untuk memotong bungkus rokok yang sudah masuk di unit *cutter creaser*. Sebaliknya jika kertas yang masuk bergerak lambat maka *break flywheel* memperpanjang langkah turun *flywheel* agar pada saat naik kecepatan memotongnya bisa sesuai dengan kertas yang masuk ke *cutter creaser*. *Out feed roller* menarik keluar kertas yang sudah dipotong dan diteruskan ke *flat belt conveyor* pada *delivery unit*. Berikut merupakan Gambar 4.10 yang menggambarkan *reliability block diagram* pada blok *delivery unit*.



Gambar 4.10 Reliability block diagram unit Delivery unit

Setelah dipotong bungkus rokok diteruskan oleh *flat belt conveyor* ke meja delivery. *Flat belt conveyor* langsung memindahkan bungkus rokok hasil potongan tanpa harus dipindahkan oleh operator. Di meja *delivery* operator memindahkan bungkus rokok dengan cara *manual handling*. Tabel kegagalan fungsi mesin dapat dilihat di lampiran 3 penelitian ini.

Komponen dan fungsi utama dari komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1

Komponen dan Fungsi Utama Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C

No	Bagian Mesin	Fungsi Utama
1	<i>Motor Turner</i>	Menggerakkan as unwinder pada penyambungan gulungan
2	<i>Shaft</i>	Tempat dipasangnya gulungan kertas
3	<i>Tension Break</i>	Mengontrol kecepatan putaran as
4	<i>Traction Dick</i>	Memegang kertas yang disambung
5	<i>Motor Splicer</i>	Memotong kertas yang gulungannya habis
6	<i>Potentio Correction</i>	Mengatur ketinggian <i>roller</i> sesuai kecepatan kertas
7	<i>Roller</i>	Meneruskan lembaran kertas dari <i>Web Splicer</i>
8	<i>Infeed Roller</i>	Menarik kertas dari <i>Unwinder</i> untuk di <i>supply</i> ke <i>Printing Unit</i>
9	<i>Dancing Roller</i>	Mengatur tension kertas yang masuk ke <i>printer</i>
10	<i>Scanning Head</i>	Memposisikan <i>draft</i> gambar pada kertas
11	<i>Compensator</i>	Mengatur posisi kertas agar <i>draft</i> gambar sesuai saat cetak
12	<i>Impression Roll</i>	Menekan kertas ke <i>cylinder</i>
13	<i>Doctor Blade</i>	Mengikis tinta pada permukaan <i>cylinder</i>
14	<i>Cylinder</i>	Unit cetak kertas
15	Bak Tinta	Tempat penampungan tinta cetak
16	<i>Dryer</i>	Pengering tinta pada kertas yang sudah dicetak
17	<i>Guide Roll Cooler</i>	Pendingin kertas dan tinta sebelum masuk cetak berikutnya
18	<i>Dancing Roller</i>	Menahan laju kertas yang di potong
19	<i>Bed</i>	Menahan tekanan <i>plate</i> yang memotong bungkus rokok
20	<i>Plate</i>	Pemotong bungkus rokok yang sudah dicetak
21	<i>Flywheel</i>	Menggerakkan plate untuk memotong bungkus rokok
22	<i>Break Flywheel</i>	Menahan tinggi rendahnya pergerakan <i>flywheel</i>
23	<i>Out Feed Roller</i>	Menarik kertas keluar dari <i>cutting creaser</i>
24	<i>Roller</i>	Menggerakkan belt pada <i>converyor</i>
25	<i>Belt</i>	Menampung kertas dari <i>Outfeed Roller</i>
26	<i>Delivery Table</i>	Tempat bungkus rokok yang sudah dicetak

#### 4.4 Kerusakan Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C

Berikut merupakan data kerusakan komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C di PT. XYZ pada tahun 2016 yang dapat dilihat pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, dan Tabel 4.5:

Tabel 4.2

Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Bulan Januari-Maret 2016

Bulan	Tanggal	Komponen
Januari	5	<i>Motor Turner</i>
	6	<i>Outfeed Roller</i>
	8	<i>Bak Tinta</i>
	11	<i>Infeed Roller</i>
	13	<i>Tension Break</i>
	14	<i>Roller Conveyor</i>
	18	<i>Roller</i>
	19	<i>Bed</i>
	21	<i>Motor Splicer</i>
	25	<i>Shaft</i>
	26	<i>Dryer</i>
	27	<i>Traction Disc</i>
	28	<i>Belt Conveyor</i>
	29	<i>Dancing Roller 1</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
Februari	4	<i>Roller Conveyor</i>
	8	<i>Infeed Roller</i>
	11	<i>Outfeed Roller</i>
	15	<i>Belt Conveyor</i>
	16	<i>Dancing Roller 2</i>
	18	<i>Bak Tinta</i>
	22	<i>Motor Splicer</i>
	23	<i>Roller</i>
	23	<i>Roller Conveyor</i>
	25	<i>Impression Roll</i>
	29	<i>Potentio Correction</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
Maret	2	<i>Potentio Correction</i>
	4	<i>Outfeed Roller</i>
	7	<i>Roller Conveyor</i>
	9	<i>Bak Tinta</i>
	11	<i>Motor Splicer</i>
	15	<i>Roller</i>
	16	<i>Dancing Roller 1</i>
	17	<i>Outfeed Roller</i>
	23	<i>Infeed Roller</i>
	23	<i>Tension Break</i>
	25	<i>Plate</i>
	29	<i>Doctor Blade</i>
	29	<i>Belt Conveyor</i>



Tabel 4.3

Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Bulan April-Juni 2016

Bulan	Tanggal	Komponen
April	7	<i>Bed</i>
	8	<i>Shaft</i>
	14	<i>Roller Conveyor</i>
	15	<i>Dancing Roller</i>
	15	<i>Motor Splicer</i>
	18	<i>Impression Roll</i>
	19	<i>Outfeed Roller</i>
	20	<i>Guide Roll Cooler</i>
	26	<i>Infeed Roller</i>
	27	<i>Motor Turner</i>
	29	<i>Roller</i>
	29	<i>Flywheel</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
Mei	3	<i>Motor Turner</i>
	4	<i>Roller Conveyor</i>
	6	<i>Bak Tinta</i>
	10	<i>Traction Disc</i>
	11	<i>Roller</i>
	12	<i>Guide Roll Cooler</i>
	13	<i>Motor Splicer</i>
	17	<i>Outfeed Roller</i>
	18	<i>Scanning Head</i>
	19	<i>Belt Conveyor</i>
	20	<i>Dancing Roller 1</i>
	23	<i>Potentio Correction</i>
	24	<i>Dryer</i>
	26	<i>Infeed Roller</i>
	27	<i>Bed</i>
	30	<i>Tension Break</i>
	31	<i>Compensator</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
Juni	1	<i>Outfeed Roller</i>
	3	<i>Dancing Roller 2</i>
	8	<i>Roller</i>
	9	<i>Infeed Roller</i>
	15	<i>Shaft</i>
	15	<i>Roller Conveyor</i>
	16	<i>Motor Splicer</i>
	17	<i>Outfeed Roller</i>
	22	<i>Traction Disc</i>
	23	<i>Bak Tinta</i>
	29	<i>Infeed Roller</i>
	29	<i>Plate</i>
	30	<i>Dancing Roller 1</i>

Tabel 4.4

Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Bulan Juli-September 2016

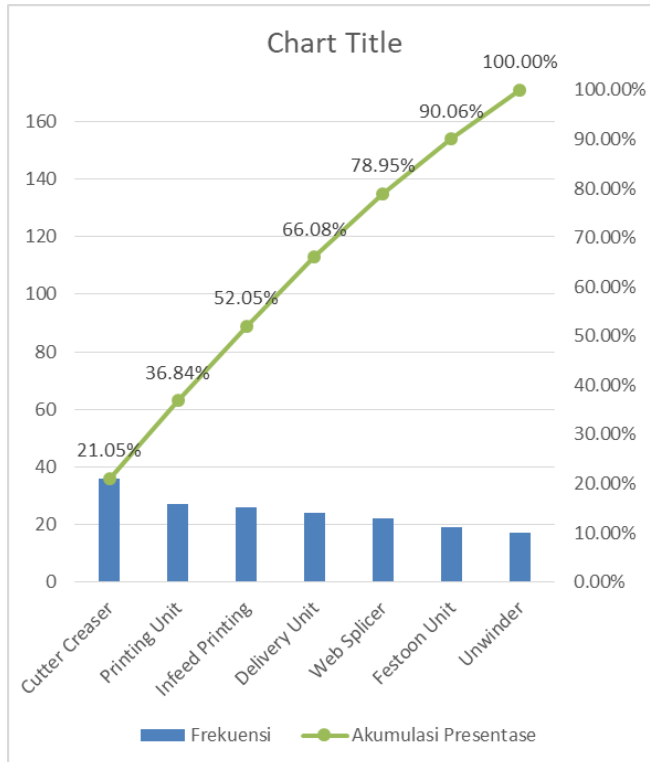
11	Tanggal	Komponen
Juli	1	<i>Dancing Roller 1</i>
	4	<i>Infeed Roller</i>
	5	<i>Belt</i>
	7	<i>Motor Splicer</i>
	11	<i>Outfeed Roller</i>
	13	<i>Roller</i>
	18	<i>Compensator</i>
	19	<i>Shaft</i>
	20	<i>Bed</i>
	21	<i>Doctor Blade</i>
	25	<i>Infeed Roller</i>
	25	<i>Roller Conveyor</i>
	27	<i>Guide Roll Cooler</i>
	29	<i>Outfeed Roller</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
Agustus	4	<i>Cylinder</i>
	5	<i>Motor Splicer</i>
	8	<i>Infeed Roller</i>
	10	<i>Dryer</i>
	11	<i>Outfeed Roller</i>
	15	<i>Roller</i>
	15	<i>Break Flywheel</i>
	16	<i>Dancing Roller 1</i>
	17	<i>Roller Conveyor</i>
	23	<i>Dancing Roller 2</i>
	24	<i>Traction Disc</i>
	26	<i>Infeed Roller</i>
	29	<i>Motor Splicer</i>
	30	<i>Belt Conveyor</i>
	31	<i>Outfeed Roller</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
September	1	<i>Motor Turner</i>
	1	<i>Bed</i>
	2	<i>Outfeed Roller</i>
	6	<i>Roller</i>
	8	<i>Roller Conveyor</i>
	12	<i>Infeed roller</i>
	12	<i>Traction Disc</i>
	16	<i>Dancing Roller 1</i>
	19	<i>Tension Break</i>
	21	<i>Motor Splicer</i>
	23	<i>Doctor Blade</i>
	23	<i>Outfeed Roller</i>
	28	<i>Compensator</i>
	30	<i>Roller</i>
	30	<i>Infeed roller</i>
	30	<i>Belt Conveyor</i>

Tabel 4.5

Tabel Data Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C Bulan Oktober-Desember 2016

Bulan	Tanggal	Komponen
Oktober	3	<i>Roller Conveyor</i>
	4	<i>Guide Roll Cooler</i>
	5	<i>Shaft</i>
	7	<i>Infeed Roller</i>
	10	<i>Break Flywheel</i>
	10	<i>Outfeed Roller</i>
	11	<i>Impression Roll</i>
	12	<i>Traction Disc</i>
	14	<i>Tension Break</i>
	17	<i>Motor Splicer</i>
	19	<i>Roller</i>
	21	<i>Bak Tinta</i>
	24	<i>Belt Conveyor</i>
	25	<i>Dancing Roller 2</i>
	27	<i>Roller Conveyor</i>
	31	<i>Infeed Roller</i>
	31	<i>Outfeed Roller</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
November	1	<i>Potentio Correction</i>
	2	<i>Dancing Roller 2</i>
	3	<i>Roller</i>
	8	<i>Shaft</i>
	9	<i>Motor Splicer</i>
	11	<i>Roller Conveyor</i>
	15	<i>Outfeed Roller</i>
	16	<i>Compensator</i>
	16	<i>Tension Break</i>
	21	<i>Break Flywheel</i>
	24	<i>Belt Conveyor</i>
	25	<i>Roller</i>
	25	<i>Dancing Roller 1</i>
Bulan	Tanggal	Komponen
Desember	1	<i>Traction Disc</i>
	2	<i>Infeed Roller</i>
	5	<i>Motor Splicer</i>
	7	<i>Motor Turner</i>
	9	<i>Flywheel</i>
	13	<i>Scanning Head</i>
	15	<i>Roller</i>
	15	<i>Impression Roll</i>
	20	<i>Outfeed Roll</i>
	22	<i>Dancing Roller 2</i>
	27	<i>Motor Splicer</i>
	29	<i>Belt Conveyor</i>
	29	<i>Dancing Roller 1</i>
	30	<i>Roller</i>
	30	<i>Traction Disc</i>

Berdasarkan data kerusakan mesin Bobst Lemanic 1150-C pada tahun 2016 maka dapat dilihat unit yang paling sering mengalami kerusakan adalah blok *cutter creaser* sebanyak 36 kerusakan atau 21.05% dari keseluruhan kerusakan. Untuk urutan kerusakan unit dari yang terbesar hingga terkecil dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.11 Diagram *pareto* kerusakan blok mesin Bobst Lemanic 1150-C

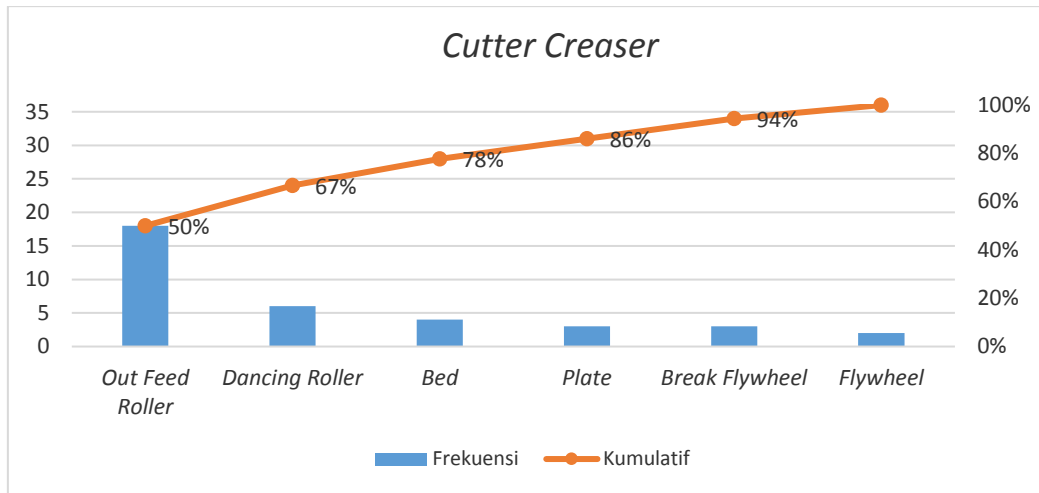
Dari Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa urutan analisa keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C dilakukan dari unit terbesar hingga terkecil. Pada penelitian kali ini pengukuran keandalan pada mesin Bobst Lemanic 1150-C dilakukan di level 1, atau level unit-unit mesin yang terdapat pada masing-masing blok yang tersusun di mesin Bobst Lemanic 1150-C. Berikut merupakan data kerusakan unit level 1 dari tiap-tiap blok mesin Bobst Lemanic 1150-C. Berikut merupakan tabel data frekuensi kerusakan blok *cutter creaser* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6

Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok *Cutter Creaser*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
<i>Out Feed Roller</i>	18	50%	50%
<i>Dancing Roller</i>	6	67%	17%
<i>Bed</i>	4	78%	11%
<i>Plate</i>	3	86%	8%
<i>Break Flywheel</i>	3	94%	8%
<i>Flywheel</i>	2	100%	6%

Berikut Gambar 4.12 yang merupakan diagram *pareto* data frekuensi kerusakan dari blok *cutter crease*.



Gambar 4.12 Diagram *pareto* data frekuensi kerusakan blok *cutter creaser*

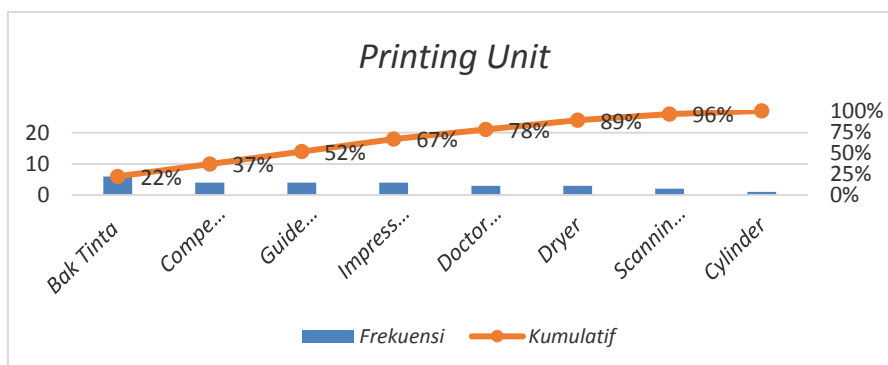
Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.12 pada blok *cutter creaser* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di *outfeed roller* yaitu sebesar 18 kali kerusakan atau sebesar 50% dan yang terendah ada pada *flywheel* sebesar 2 kali kerusakan atau sebesar 6% dari penyebab rusaknya blok *cutter creaser* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C. Berikut merupakan tabel data frekuensi kerusakan blok *printing unit* yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.7

Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok *Printing Unit*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
Bak Tinta	6	22%	22%
Compensator	4	37%	15%
Guide Roll Cooler	4	52%	15%
Impression Roll	4	67%	15%
Doctor Blade	3	78%	11%
Dryer	3	89%	11%
Scanning Head	2	96%	7%
Cylinder	1	100%	4%

Berikut Gambar 4.13 yang merupakan diagram *pareto* data frekuensi kerusakan dari blok *printing unit*:



Gambar 4.13 Diagram *pareto* data frekuensi kerusakan blok *printing unit*

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.13 pada blok *printing unit* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di bak tinta yaitu sebesar 6 kali kerusakan atau sebesar 22% dan yang terendah ada pada *flywheel* sebesar 1 kali kerusakan atau sebesar 4% dari penyebab rusaknya blok *printing unit* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

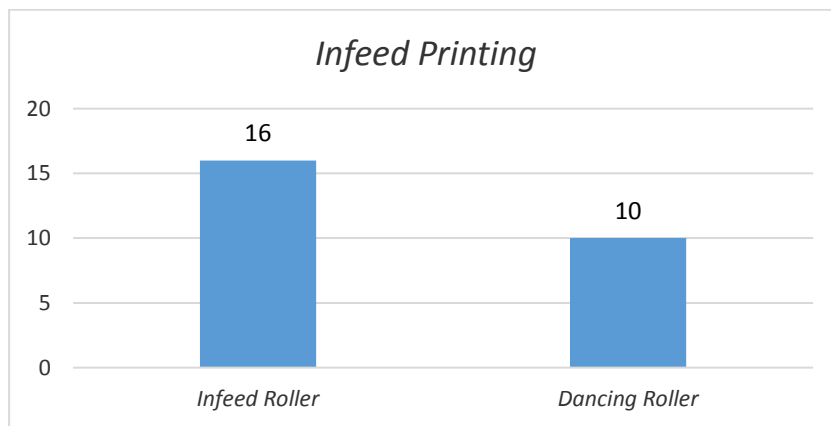
Untuk mengetahui data frekuensi kerusakan blok *infeed printing* dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8

Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok *Infeed Printing*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
<i>Infeed Roller</i>	16	62%	62%
<i>Dancing Roller</i>	10	100%	38%

Berikut Gambar 4.14 yang merupakan perbandingan data frekuensi kerusakan blok *infeed printing*.

Gambar 4.14 Perbandingan data frekuensi kerusakan blok *Infeed Printing*

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Gambar 4.14 pada blok *infeed printing* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di *infeed roller* yaitu sebesar 16 kali kerusakan atau sebesar 62% dan yang terendah ada pada *dancing roller* sebesar 10 kali kerusakan atau sebesar 38% dari penyebab rusaknya blok *infeed printing* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

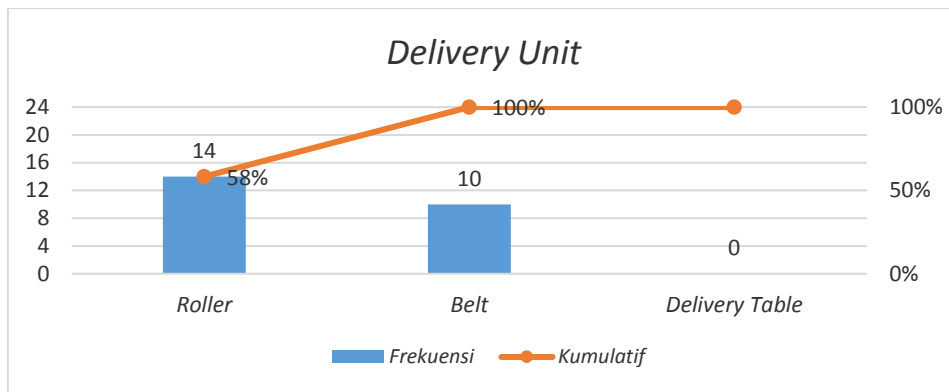
Untuk mengetahui data frekuensi kerusakan blok *delivery unit* dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.9

Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok *Delivery Unit*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
<i>Roller</i>	14	58%	58%
<i>Belt</i>	10	100%	42%
<i>Delivery Table</i>	0	100%	0%

Berikut Gambar 4.15 yang merupakan perbandingan data frekuensi kerusakan blok *delivery unit*:



Gambar 4.15 Diagram *paretto* data frekuensi kerusakan blok *delivery unit*

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Gambar 4.15 pada blok *delivery unit* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di *roller* yaitu sebesar 14 kali kerusakan atau sebesar 58% dan yang terendah ada pada *delivery tabel* tanpa ada kerusakan untuk rusaknya blok *delivery unit* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

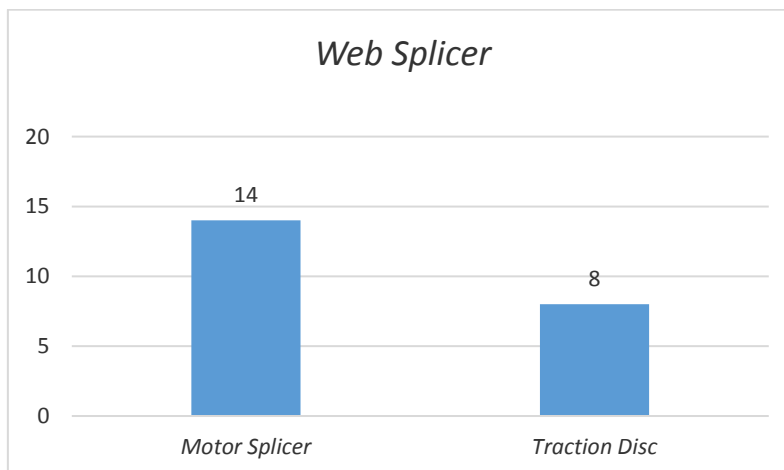
Untuk mengetahui data frekuensi kerusakan blok *web splicer* dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini:

Tabel 4.10

Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok *Web Splicer*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
<i>Motor Splicer</i>	14	64%	64%
<i>Traction Disc</i>	8	100%	36%

Berikut Gambar 4.16 yang merupakan perbandingan data frekuensi kerusakan blok *web splicer*:



Gambar 4.16 Perbandingan data frekuensi kerusakan blok *web splicer*

Berdasarkan Tabel 4.10 dan Gambar 4.16 pada blok *web splicer* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di *motor splicer* yaitu sebesar 14 kali kerusakan atau sebesar 64% dan yang terendah ada pada *traction disc* sebesar 8 kali kerusakan atau sebesar 36% dari penyebab rusaknya blok *web splicer* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

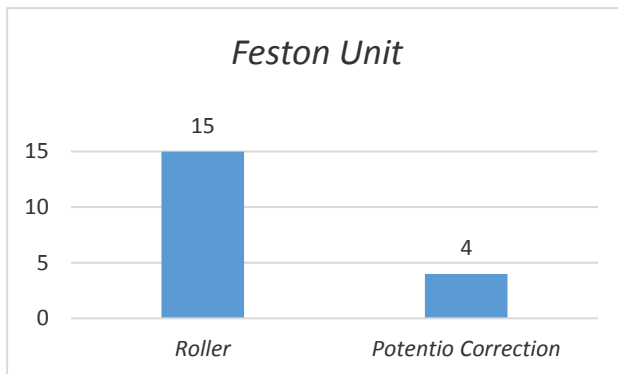
Untuk mengetahui data frekuensi kerusakan blok *festoon unit* dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini:

Tabel 4.11

Tabel Data Frekuensi Kerusakan *Festoon Unit*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
<i>Roller</i>	15	79%	79%
<i>Potentio Correction</i>	4	100%	21%

Berikut Gambar 4.17 yang merupakan perbandingan data frekuensi kerusakan blok *festoon unit*:

Gambar 4.17 Perbandingan data frekuensi kerusakan blok *Festoon Unit*

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.17 pada blok *festoon unit* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di *roller* yaitu sebesar 15 kali kerusakan atau sebesar 79% dan yang terendah ada pada *potentio correction* sebesar 4 kali kerusakan atau sebesar 21% dari penyebab rusaknya blok *festoon unit* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

Untuk mengetahui data frekuensi kerusakan blok *unwinder* dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini:

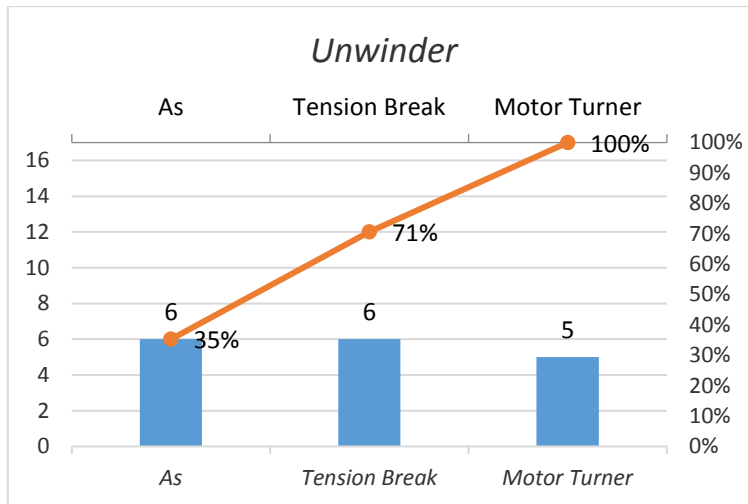
Tabel 4.12

Tabel Data Frekuensi Kerusakan Blok *Unwinder*

Unit	Frekuensi	Kumulatif	Presentase
<i>As</i>	6	35%	35%
<i>Tension Break</i>	6	71%	35%
<i>Motor Turner</i>	5	100%	29%

Berikut Gambar 4.18 yang merupakan perbandingan data frekuensi kerusakan blok *unwinder*:





Gambar 4.18 Diagram pareto data frekuensi kerusakan blok *unwinder*

Berdasarkan Tabel 4.12 dan Gambar 4.18 pada blok *unwinder* dapat dilihat kerusakan tertinggi ada di *as* dan *tension break* yaitu sebesar 6 kali kerusakan atau sebesar 35% dan yang terendah ada pada *motor turner* sebesar 5 kali kerusakan atau sebesar 29% dari penyebab rusaknya blok *unwinder* yang menyebabkan *down time* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

#### 4.4.1 Pola Distribusi Kerusakan Mesin Bobst Lemanic 1150-C

Dalam menentukan pola distribusi kerusakan terdapat empat distribusi yang digunakan, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial, dan distribusi *weibull* yang dihitung nilai *index of fit* berdasarkan *time to failure* dari tiap komponen. Kemudian dilakukan perhitungan *goodness of fit* untuk menguji kecocokan data pola distribusi terpilih, dan melakukan perhitungan parameter distribusi terpilih. Perhitungan pola distribusi menggunakan perhitungan manual dengan menggunakan Ms.Excel dan perhitungan menggunakan *software* Minitab 17.

Untuk kerusakan data yang memiliki TTF yang tidak dapat dihitung pendugaan distribusinya dihitung dengan mencari nilai Q1(kuartil 1) ataupun Q2(median) dilihat dari TTF masing-masing komponen untuk mendapatkan waktu pergantian komponen.

##### 4.4.1.1 Pola Distribusi Kerusakan Komponen Blok *Cutter Creaser*

Perhitungan pola distribusi komponen blok *cutter creaser* dihitung dengan cara mencari waktu antar kerusakan (*time to failure*), pendugaan distribusi kerusakan komponen (*Index of Fit*), uji kecocokan data kerusakan (*goodness of fit*), dan penentuan parameter distribusi.

Berikut merupakan langkah-langkah dalam penentuan pola distribusi dari blok *cutter creaser*.

#### 4.4.1.1.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser

Berikut merupakan contoh perhitungan *time to failure* komponen *outfeed roller* pada blok *cutter creaser* yang dapat dilihat pada Tabel 4.13 dibawah ini:

Tabel 4.13

Tabel *Time To Failure* Komponen *Outfeed Roller*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	Januari	06/01/2016	13.20	14.00	0	0
2	Februari	11/02/2016	09.10	09.50	47600	793,333
3	Maret	04/03/2016	15.15	15.55	29120	485,333
4		17/03/2016	08.30	09.10	17240	287,333
5	April	13/04/2016	16.50	17.30	35720	595,333
6	Mei	20/05/2016	06.40	07.20	48920	815,333
7	Juni	01/06/2016	11.00	11.40	15920	265,333
8		17/06/2016	14.10	14.50	21200	353,333
9	Juli	11/07/2016	17.35	18.15	31760	529,333
10		29/07/2016	09.20	10.00	23840	397,333
11	Agustus	11/08/2016	12.20	13.00	17240	287,333
12		31/08/2016	08.00	08.40	26480	441,333
13	September	02/09/2016	11.10	11.50	2720	45,3333
14		23/09/2016	09.20	10.00	27800	463,333
15	Oktober	10/10/2016	15.25	16.05	22520	375,333
16		31/10/2016	14.25	15.05	27800	463,333
17	November	15/11/2016	07.05	07.45	19880	331,333
18	Desember	15/12/2016	15.33	16.13	39680	661,333

Contoh perhitungan TTF tanggal 6 Januari 2016 sampai 11 Februari 2016:

*Time to repair* pada tanggal 11 Februari 2016:

11 Februari 2016 pukul 9.10 – 9.50 = 40 menit

*Time between failure:*

6 Januari 2016 sampai 11 Februari 2016 = 36 x 22 jam x 60 menit = 47520 menit

*Time to repair* tanggal 6 Januari 2016

Pukul 13.20 – 14.00 = 40 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 47600 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 793,333 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 18 yaitu pada tanggal 15 Desember dengan *time to failure* sebesar 661,333 jam. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 1 penelitian ini.

#### 4.4.1.1.2 Index of Fit Komponen Mesin Blok Cutter Creaser

Pendugaan pola distribusi kerusakan komponen *outfeed roller* pada blok *cutter creaser* dapat dilakukan dengan mencari nilai  $r$  pada hasil perhitungan *index of fit* untuk setiap distribusi yang diuji pada penelitian ini. Pengujian *index of fit* dapat dilakukan secara manual dan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

##### 1. Perhitungan Manual

Perhitungan manual *index of fit* komponen mesin blok *cutter creaser* pada penelitian ini menggunakan *Ms.Excel*.

##### a. Index of Fit Distribusi Normal

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi normal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *outfeed roller* yang dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.14

Tabel *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen *Outfeed Roller*

I	$t_i$	$x_i$	$F(t_i)$	$Z_i$	$x_i \cdot z_i$	$x_i^2$	$z_i^2$
1	45,333	45,333	0,04023	-1,77351	-80,3989	2055,111	3,145323
2	265,333	265,333	0,097701	-1,2947	-343,527	70401,78	1,676246
3	287,333	287,333	0,155172	-1,01447	-291,49	82560,44	1,029145
4	287,333	287,333	0,212644	-0,79744	-229,13	82560,44	0,635904
5	331,333	331,333	0,270115	-0,61238	-202,902	109781,8	0,375008
6	353,333	353,333	0,327586	-0,4467	-157,836	124844,4	0,199545
7	375,333	375,333	0,385057	-0,29222	-109,679	140875,1	0,085391
8	397,333	397,333	0,442529	-0,14454	-57,4312	157873,8	0,020892
9	441,333	441,333	0,5	0	0	194775,1	0
10	463,333	463,333	0,557471	0,144542	66,97099	214677,8	0,020892
11	463,333	463,333	0,614943	0,292217	135,394	214677,8	0,085391
12	485,333	485,333	0,672414	0,446705	216,8008	235548,4	0,199545
13	529,333	529,333	0,729885	0,617621	326,9274	280193,8	0,381456
14	595,333	595,333	0,787356	0,792564	471,84	354421,8	0,628158
15	661,333	661,333	0,844828	1,155322	764,0532	437361,8	1,33477
16	793,333	793,333	0,902299	1,294699	1027,128	629377,8	1,676246
17	815,333	815,333	0,95977	1,748376	1425,51	664768,4	3,05682
<b>Total</b>	<b>7590,667</b>	<b>7590,667</b>	<b>8,5</b>	<b>0,116096</b>	<b>2962,231</b>	<b>3996756</b>	<b>14,55073</b>

Dari Tabel 4.14 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{17+0.4} = 0,04023$$

$z_i$  didapat dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi 4 dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(17)(2962,231) - (7590,667)(0,116096)}{\sqrt{((17)(3996756) - (7590,667)^2)(17(14,55073) - (0,116096)^2)}} = 0,978962935$$

b. *Index of Fit* Distribusi Lognormal

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi lognormal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *outfeed roller* yang dapat dilihat pada Tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.15

Tabel *Index of Fit* Distribusi Lognormal Komponen *Outfeed Roller*

i	$t_i$	$X_i$	$F(t_i)$	$z_i$	$x_i \cdot z_i$	$x_i^2$	$z_i^2$
1	45,33333	3,814043	0,04023	-1,77351	-6,76423	14,54692	3,145323
2	265,3333	5,580987	0,097701	-1,2947	-7,2257	31,14741	1,676246
3	287,3333	5,660643	0,155172	-1,01447	-5,74254	32,04288	1,029145
4	287,3333	5,660643	0,212644	-0,79744	-4,514	32,04288	0,635904
5	331,3333	5,803125	0,270115	-0,61238	-3,55371	33,67626	0,375008
6	353,3333	5,867412	0,327586	-0,4467	-2,621	34,42652	0,199545
7	375,3333	5,927815	0,385057	-0,29222	-1,73221	35,13898	0,085391
8	397,3333	5,984776	0,442529	-0,14454	-0,86505	35,81754	0,020892
9	441,3333	6,0898	0,5	0	0	37,08567	0
10	463,3333	6,138447	0,557471	0,144542	0,887262	37,68053	0,020892
11	463,3333	6,138447	0,614943	0,292217	1,79376	37,68053	0,085391
12	485,3333	6,184836	0,672414	0,446705	2,762797	38,2522	0,199545
13	529,3333	6,271618	0,729885	0,617621	3,873483	39,3332	0,381456
14	595,3333	6,389121	0,787356	0,792564	5,06379	40,82087	0,628158
15	661,3333	6,494258	0,844828	1,155322	7,502961	42,17539	1,33477
16	793,3333	6,676243	0,902299	1,294699	8,643727	44,57223	1,676246
17	815,3333	6,703597	0,95977	1,748376	11,72041	44,93821	3,05682
<b>Total</b>	<b>7590,667</b>	<b>101,3858</b>	<b>8,5</b>	<b>0,116096</b>	<b>9,229755</b>	<b>611,3782</b>	<b>14,55073</b>

Dari Tabel 4.15 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} = \frac{1 - 0.3}{17 + 0.4} = 0,04023$$

$z_i$  diperoleh dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(17)(9,229755) - (101,3858)(0,116096)}{\sqrt{((17)(611,3782) - (101,3858)^2)(17(14,55) - (0,116096)^2)}} = 0,862989489$$

c. *Index of Fit* Distribusi Exponensial

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *outfeed roller* yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16

Tabel *Index of Fit* Distribusi Exponensial Komponen *Outfeed Roller*

I	t <sub>i</sub>	X <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	45,33333	45,33333	0,04023	0,041061	1,861454	2055,111	0,001686
2	265,3333	265,3333	0,097701	0,050084	13,28898	70401,78	0,002508
3	287,3333	287,3333	0,155172	0,05311	15,26022	82560,44	0,002821
4	287,3333	287,3333	0,212644	0,054626	15,69591	82560,44	0,002984
5	331,3333	331,3333	0,270115	0,055537	18,40126	109781,8	0,003084
6	353,3333	353,3333	0,327586	0,056145	19,8378	124844,4	0,003152
7	375,3333	375,3333	0,385057	0,056579	21,236	140875,1	0,003201
8	397,3333	397,3333	0,442529	0,056905	22,61021	157873,8	0,003238
9	441,3333	441,3333	0,5	0,057158	25,22591	194775,1	0,003267
10	463,3333	463,3333	0,557471	0,057361	26,57739	214677,8	0,00329
11	463,3333	463,3333	0,614943	0,057527	26,65431	214677,8	0,003309
12	485,3333	485,3333	0,672414	0,057666	27,98706	235548,4	0,003325
13	529,3333	529,3333	0,729885	0,057783	30,58633	280193,8	0,003339
14	595,3333	595,3333	0,787356	0,057883	34,45974	354421,8	0,00335
15	661,3333	661,3333	0,844828	0,05797	38,33756	437361,8	0,003361
16	793,3333	793,3333	0,902299	0,058046	46,05001	629377,8	0,003369
17	815,3333	815,3333	0,95977	0,058113	47,3818	664768,4	0,003377
<b>Total</b>	<b>7590,667</b>	<b>7590,667</b>	<b>8,5</b>	<b>0,943555</b>	<b>431,452</b>	<b>3996756</b>	<b>0,052664</b>

Dari Tabel 4.16 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} = \frac{1 - 0.3}{17 + 0.4} = 0,04023$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - 0,04023} \right) \right] = 0,041061$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}}$$

$$= \frac{(17)(431,452) - (7590,667)(0,943555)}{\sqrt{\left[ (17)(3996756) - (7590,667)^2 \right] \left[ (17)(0,052664) - (0,943555)^2 \right]}} = 0,760254523$$

d. *Index of Fit* Distribusi *Weibull*

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi *weibull* untuk selanjutnya mencari nilai r dari pola kerusakan komponen *outfeed roller* yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17

Tabel *Index of Fit* Distribusi *Weibull* Komponen *Outfeed Roller*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	45,333	3,814	0,040	-3,193	-12,177	14,547	10,193
2	265,333	5,581	0,098	-2,994	-16,710	31,147	8,964
3	287,333	5,661	0,155	-2,935	-16,616	32,043	8,617
4	287,333	5,661	0,213	-2,907	-16,457	32,043	8,452
5	331,333	5,803	0,270	-2,891	-16,775	33,676	8,356
6	353,333	5,867	0,328	-2,880	-16,897	34,427	8,293

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
7	375,333	5,928	0,385	-2,872	-17,025	35,139	8,249
8	397,333	5,985	0,443	-2,866	-17,155	35,818	8,216
9	441,333	6,090	0,500	-2,862	-17,429	37,086	8,191
10	463,333	6,138	0,557	-2,858	-17,546	37,681	8,170
11	463,333	6,138	0,615	-2,855	-17,528	37,681	8,154
12	485,333	6,185	0,672	-2,853	-17,646	38,252	8,140
13	529,333	6,272	0,730	-2,851	-17,881	39,333	8,129
14	595,333	6,389	0,787	-2,849	-18,205	40,821	8,119
15	661,333	6,494	0,845	-2,848	-18,495	42,175	8,110
16	793,333	6,676	0,902	-2,847	-19,004	44,572	8,103
17	815,333	6,704	0,960	-2,845	-19,074	44,938	8,096
<b>Total</b>	<b>7590,667</b>	<b>101,386</b>	<b>8,500</b>	<b>-49,207</b>	<b>-292,61</b>	<b>611,378</b>	<b>142,552</b>

Dari Tabel 4.17 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} = \frac{1 - 0.3}{17 + 0.4} = 0,04023$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - 0,04023} \right) \right] = -3,193$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}}$$

$$= \frac{(17)(-292,61) - (101,386)(-49,207)}{\sqrt{\left[ (17)(611,378) - (101,386)^2 \right] \left[ (17)(142,552) - (-49,207)^2 \right]}} = 0,948756612$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *outfeed roller* dapat diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

$$\text{Index of Fit Normal} = 0,978962935$$

$$\text{Index of Fit Lognormal} = 0,862989489$$

$$\text{Index of Fit Eksponensial} = 0,760254523$$

$$\text{Index of Fit Weibull} = 0,948756612$$

Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi normal yaitu sebesar 0,978962935.

## 2. Perhitungan dengan Menggunakan Minitab 17

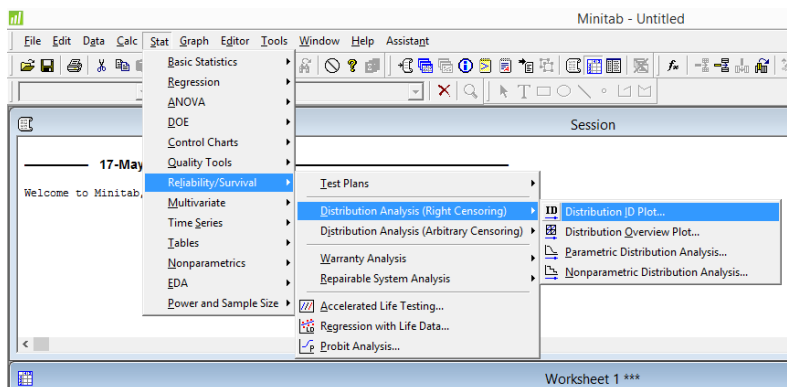
Berikut contoh perhitungan *index of fit* menggunakan Minitab 17 komponen *outfeed roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran. Berikut ini langkah-langkah dalam penentuan distribusi kerusakan komponen dengan menggunakan *software* Minitab 17:

- Data waktu antar kerusakan (TTF) diinputkan ke dalam *worksheet*. *Input* data ke dalam *worksheet* dapat dilihat pada Gambar 4.19 dibawah ini.

Outfeed Roller	Dancing Roller 2	Bed	Plate	Break Flewheel	Fly Wheel
45,333	177	947,33	1453,33	925,33	5369,83
265,333	1101	1123,33	2113,33	1233,33	
287,333	1387	1189,33			
287,333	1651				
331,333	2509				
353,333					
375,333					
397,333					
441,333					
463,333					
463,333					
485,333					
529,333					
595,333					
661,333					
793,333					

Gambar 4.19 Input data ke dalam worksheet

- b. Setelah memasukan data kemudian melakukan pengolahan data dengan Minitab 17 dengan cara klik Stat – Reliability/ Survival – Distribution Analysis (Right Correcting) – Distribution ID Plot. Langkah ini dapat dilihat pada Gambar 4.20:



Gambar 4.20 Langkah-langkah pengolahan data

Output perhitungan menggunakan Minitab 17 seperti pada Gambar 4.21.

*Goodness-of-Fit*

*Anderson-Darling*

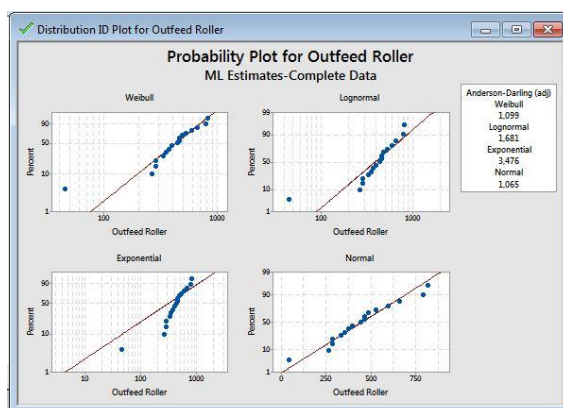
*Distribution (adj)*

*Weibull* 1,099

*Lognormal* 1,681

*Exponential* 3,476

*Normal* 1,065



Gambar 4.21 Output pengolahan data dengan Minitab 17 outfeed roller

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 17 pada Gambar 4.21 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* yang terkecil maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi normal yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen *outfeed roller* dengan nilai *Anderson Darling* sebesar 1.065.

Berikut merupakan Tabel 4.18 perbandingan pemilihan distribusi antara nilai yang diperoleh secara hitungan manual maupun nilai yang diperoleh melalui hitungan menggunakan Minitab 17.

Tabel 4.18

Tabel Perbandingan *Index of Fit* Manual dan *Index of Fit* dengan Minitab 17

No	Distribusi	R	<i>Anderson Darling</i>
1	Normal	0,978962935	1.065
2	Lognormal	0,862989489	1.681
3	Eksponensial	0,760254523	3.476
4	<i>Weibull</i>	0,948756612	1.099

Hasil terpilih yang dilakukan *goodness of fit* baik hitungan secara manual maupun menggunakan Minitab 17 pada Tabel 4.18 tidak memiliki perbedaan urutan pemilihan distribusi. Untuk perhitungan komponen yang lainnya menggunakan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17. Pada penelitian ini distribusi yang dipilih adalah distribusi *weibull* mengacu pada teori distribusi pola kerusakan mesin yang berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.1.3 *Goodness of Fit* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser

Setelah melakukan pendugaan pola distribusi kerusakan (*index of fit*), uji statistik berikutnya adalah *goodness of fit* untuk melihat kecocokan pola distribusi kerusakan komponen mesin blok *cutter creaser*. Berikut Tabel 4.19 merupakan contoh uji *goodness of fit* pada komponen *outfeed roller* dengan uji *Mann-Whitney*.

##### 1. Perhitungan Manual

$H_0$  = Komponen *outfeed roller* berdistribusi *weibull*

$H_1$  = Komponen *outfeed roller* tidak berdistribusi *weibull*

Tabel 4.19

Tabel *Goodness of Fit* komponen *Outfeed Roller*

i	$t_i$	$\ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i+1} - \ln t_i$	$(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M$
1	45,333	3,814043	-5,83481	1,101546	1,766944	1,604058
2	265,333	5,580987	-4,73326	0,513774	0,079656	0,155041
3	287,333	5,660643	-4,21949	0,339435	0,000000	0,000000
4	287,333	5,660643	-3,88005	0,254292	0,142482	0,560308
5	331,333	5,803125	-3,62576	0,203663	0,064287	0,315653
6	353,333	5,867412	-3,4221	0,170062	0,060403	0,355180
7	375,333	5,927815	-3,25204	0,146124	0,056961	0,389814
8	397,333	5,984776	-3,10591	0,128202	0,105025	0,819217



i	t <sub>i</sub>	ln t <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	ln t <sub>i+1</sub> – ln t <sub>i</sub>	(ln t <sub>i+1</sub> – ln t <sub>i</sub> ) / M
9	441,333	6,0898	-2,97771	0,11428	0,048646	0,425678
10	463,333	6,138447	-2,86343	0,103153	0,000000	0,000000
11	463,333	6,138447	-2,76028	0,094057	0,046389	0,493201
12	485,333	6,184836	-2,66622	0,086483	0,086782	1,003458
13	529,333	6,271618	-2,57974	0,080079	0,117503	1,467339
14	595,333	6,389121	-2,49966	0,074593	0,258999	3,472144
15	771,333	6,648121	-2,42507	0,069843	0,028123	0,402661
16	793,333	6,676243	-2,35522	0,065688	0,027354	0,416414
17	815,333	6,703597	-2,28953			

$$k1 = \frac{17}{2} = 8.5 \sim 9; \quad k2 = \frac{17 - 1}{2} = 8$$

$$Z_i = \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{i + 0.5}{n + 0.25}\right)\right] = -5,835$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = -4.473326 - (-5.835) = 1,1015$$

Uji statistiknya adalah sebagai berikut.

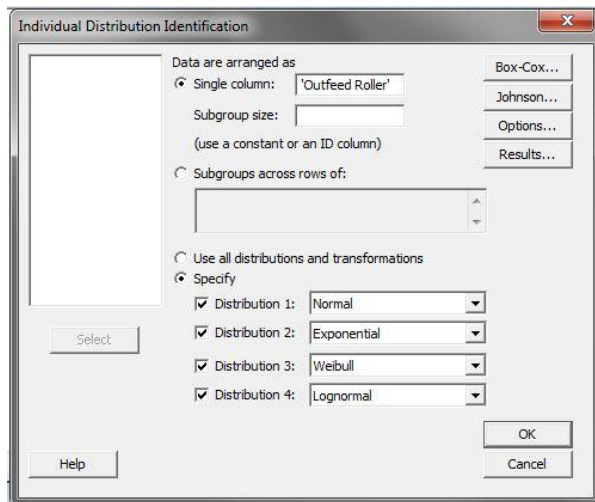
$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]}{k2 \sum_{i=1}^{k1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]} = \frac{9 \sum_{i=10}^{16} [0 + \dots + 0,416414]}{8 \sum_{i=1}^9 [1,604058 + \dots + 0,425678]} = 1,0625$$

Dari hasil perhitungan *goodness of fit* didapat nilai *Mann* yaitu sebesar 1,0625. Sedangkan  $F_{(0,05;17;16)} = 2,317$ .  $H_0$  diterima apabila nilai  $M < M_{\text{Cric}}$  pada tabel F. Sehingga pada perhitungan ini, hipotesa  $H_0$  diterima.

## 2. Perhitungan dengan Minitab 17

*Goodness of Fit* juga dapat dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 17 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Masukan data waktu antar kerusakan (TTF) ke dalam *worksheet*.
- Pengolahan data dengan Minitab 17 dengan cara klik Stat – *Quality Tools* – *Individual Distribution Identification* – *Distribution ID Plot*.
- Kemudian muncul *dialog box* seperti Gambar 4.22, kemudian *select* data yang telah dimasukan ke dalam kolom *Variables*. Kemudian pilih distribusi yang diuji pada opsi *Specify*. Pada perhitungan ini dilakukan pengujian distribusi. Kemudian klik OK.



Gambar 4.22 Dialog box individual distribution identification

d. *Output* perhitungan menggunakan Minitab 17

*Goodness of Fit Test*

*Distribution* AD P

Normal 0,301 0,540

*Exponential* 2,658 <0,003

*Weibull* 0,358 >0,250

Lognormal 1,115 <0,005

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 17 maka distribusi yang terpilih yaitu distribusi normal karena memiliki nilai AD terkecil dan memiliki P-value lebih dari 0,05. Pada penelitian kali ini distribusi yang digunakan tetap menggunakan distribusi *weibull* yang memiliki nilai AD 0.358 dengan nilai P-value yang lebih dari 0.05. yang artinya data pola kerusakan komponen *outfeed roller* sesuai dengan teori probabilitas kerusakan yaitu berdistribusi *weibull*.

Berikut Tabel 4.20 merupakan perbandingan hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Minitab 17:

Tabel 4.20

Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan Minitab 17.

Perhitungan	Hasil	Kesimpulan
Perhitungan manual dengan menggunakan Ms.Excel	$M < M_{\text{Crit}} ; 1.125 < 2,317 ;$ $H_0$ Diterima	Data kerusakan <i>outfeed roller</i> berdistribusi <i>weibull</i>
Perhitungan dengan menggunakan <i>software</i> Minitab 17	Nilai AD = 0.358 P-Value > 0.025 P-Value > 0.05	Data kerusakan <i>outfeed roller</i> berdistribusi <i>weibull</i>

Hasil perbandingan antara perhitungan uji *goodness of fit* manual dan *software* Minitab 17 pada Tabel 4.20 menunjukkan tidak ada perbedaan kesimpulan. Keduanya menunjukkan bahwa data kerusakan komponen *outfeed roller* berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.1.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok *Cutter Creaser*

Setelah melakukan uji distribusi terhadap komponen *outfeed roller* yang berdistribusi *weibull*, langkah selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Perhitungan parameter distribusi kali ini menggunakan *software* Minitab 17. Langkah-langkah untuk mencari parameter distribusi sama dengan mencari *goodness of fit* pada Minitab 17. Berikut merupakan parameter yang diperoleh:

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	446,50980		194,84745	
Exponential		446,50978		
Weibull	2,44548	499,75276		
Lognormal*	5,96387	0,64838		

Dari *output* Minitab 17 dapat diketahui parameter *shape* = 2,44548 dan *scale* = 499,75276 yang digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen *outfeed roller*.

#### 4.4.1.2 Pola Distribusi Kerusakan Blok *Printing Unit*

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan komponen mesin blok *printing unit*. Pada penelitian kali ini pendugaan pola distribusi kerusakan komponen mesin blok *printing unit* tidak dilakukan. Probabilitas terjadinya kerusakan dilakukan perhitungan dengan melakukan pendekatan.

##### 4.4.1.2.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin Blok *Printing Unit*

Pada penelitian kali ini blok *printing unit* merupakan blok dengan kerusakan komponen mesin yang frekuensinya relatif lebih kecil dibanding dengan blok mesin lainnya. Berikut merupakan Tabel 4.21 *time to failure* contoh perhitungan komponen *guide roll cooler*.

Tabel 4.21

Tabel *Time To Failure* Komponen *Guide Roll Cooler*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	April	20 April 2016	4.30	5.25	0	0
2	Mei	12 Mei 2016	1.20	2.15	29150	485,833
3	Juli	27 Juli 2016	13.25	14.20	100430	1673,833
4	Oktober	04 Oktober 2016	16.40	17.35	91190	1519,833

Contoh perhitungan TTF tanggal 20 April 2016 sampai 12 Mei 2016:

*Time to repair* pada tanggal 11 Februari 2016:

12 Mei 2016 pukul 1.20 – 2.15 = 55 menit

*Time between failure*:

6 Januari 2016 sampai 11 Februari 2016 = 41 x 22 jam x 60 menit = 29040 menit

*Time to repair* tanggal 6 Januari 2016

Pukul 13.20 - 14:00 = 55 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 29150 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 485.833 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 4 yaitu pada tanggal 4 Oktober 2016 dengan *time to failure* sebesar 1519,833. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 1 penelitian ini.

#### 4.4.1.3 Pola Distribusi Kerusakan Blok *Infeed Printing*

Perhitungan pola distribusi komponen blok *infeed printing* dihitung dengan cara mencari waktu antar kerusakan (*time to failure*), pendugaan distribusi kerusakan komponen (*index of fit*), uji kecocokan data kerusakan (*goodness of fit*), dan penentuan parameter distribusi.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan pola kerusakan komponen blok *infeed printing*

##### 4.4.1.3.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin Blok *Infeed Printing*

Berikut merupakan Tabel 4.22 *time to failure* komponen *infeed roller* contoh perhitungan komponen *infeed roller* pada blok *infeed printing*:

Tabel 4.22

Tabel *Time to Failure* Komponen *Infeed roller* Blok *Infeed Roller*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	Januari	11 Januari 2016	18.05	18.45	0	0
2	Februari	08 Februari 2016	09.15	09.55	37040	617,333
3	Maret	23 Maret 2016	20.20	21.05	58160	969,333
4	April	26 April 2016	03.45	04.25	44960	749,333
5	Mei	26 Mei 2016	09.10	09.50	39680	661,333
6	Juni	09 Juni 2016	14.05	14.45	18560	309,333
7		29 Juni 2016	23.35	00.15	26480	441,333
8	Juli	04 Juli 2016	18.55	19.35	6680	111,333
9		25 Juli 2016	10.10	10.50	27800	463,333
10	Agustus	08 Agustus 2016	08.50	09.30	18560	309,333
11		26 Agustus 2016	21.00	21.40	23840	397,333
12	September	12 September 2016	07.15	07.55	22520	375,333
13		30 September 2016	02.55	03.35	23840	397,333
14	Oktober	07 Oktober 2016	23.05	23.45	9320	155,333
15		31 Oktober 2016	16.30	17.10	31760	529,333
16	Desember	02 Desember 2016	14.45	15.25	42320	705,333

Contoh perhitungan TTF tanggal 11 Januari 2016 sampai 8 Februari 2016:

*Time to repair* pada tanggal 8 Februari 2016:

8 Februari 2016 pukul 9.15 –9.55 = 40 menit

*Time between failure*:

11 Januari 2016 sampai 8 Februari 2016 = 28 x 22 jam x 60 menit = 37060 menit

*Time to repair* tanggal 11 Januari 2016

Pukul 13.20 - 14:00 = 40 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 37040 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 617.333 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 16 yaitu pada tanggal 2 Desember dengan *time to failure* sebesar 705.333 jam. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran penelitian ini.

#### 4.4.1.3.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok *Infeed Printing*

Pendugaan pola distribusi kerusakan komponen *infeed roller* pada blok *infeed printing* dapat dilakukan dengan mencari nilai  $r$  pada hasil perhitungan *index of fit* untuk setiap distribusi yang diuji pada penelitian ini. Pengujian *index of fit* dapat dilakukan secara manual dan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

##### 1. Perhitungan Manual

Perhitungan manual *index of fit* komponen mesin blok *infeed printing* pada penelitian ini menggunakan *Ms.Excel*. Berikut merupakan contoh perhitungan komponen *infeed roller*.

##### a. *Index of Fit* Distribusi Normal

Berikut merupakan Tabel 4.23 perhitungan *index of fit* distribusi normal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *infeed roller*.

Tabel 4.23

Tabel *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen *Intfeed Roller*

i	$t_i$	$X_i$	$F(t_i)$	$z_i$	$x_i . z_i$	$x_i^2$	$z_i^2$
1	111,333	111,333	0,04545	-1,69051	-188,20956	12395,11111	2,85781
2	155,333	155,333	0,11039	-1,22427	-190,16920	24128,44444	1,49883
3	309,333	309,333	0,17532	-0,93337	-288,72141	95687,11111	0,87117
4	309,333	309,333	0,24026	-0,70561	-218,26985	95687,11111	0,49789
5	375,333	375,333	0,30519	-0,50944	-191,21109	140875,11111	0,25953
6	397,333	397,333	0,37013	-0,33150	-131,71614	157873,77778	0,10989
7	397,333	397,333	0,43506	-0,16342	-64,93350	157873,77778	0,2671
8	441,333	441,333	0,5	0	0	194775,11111	0,00000
9	463,333	463,333	0,56494	0,16342	75,71944	214677,77778	0,02671
10	529,333	529,333	0,62987	0,33150	175,47418	280193,77778	0,10989

i	t <sub>i</sub>	X <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
11	617,333	617,333	0,69481	0,50944	314,49640	381100,44444	0,25953
12	661,333	661,333	0,75974	0,70561	466,64589	437361,77778	0,49789
13	705,333	705,333	0,82468	0,93337	658,33460	497495,11111	0,87117
14	749,333	749,333	0,88961	1,22427	917,38273	561500,44444	1,49883
15	969,333	969,333	0,95455	1,69051	1638,66290	939607,11111	2,85781
<b>Total</b>	<b>7192</b>	<b>7192</b>	<b>7,5</b>	<b>0</b>	<b>2973,48538</b>	<b>4191232</b>	<b>12,24366</b>

Dari Tabel 4.23 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(ti) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0,04545$$

z<sub>i</sub> didapat dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai F(t<sub>i</sub>) yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(15)(2973,48538) - (7192,0000)(0,00000)}{\sqrt{((15)(4191232,00000) - (7192,0000)^2)((15)(12,24366) - (0,00000)^2)}} = 0,985922$$

b. *Index of Fit* Distribusi Lognormal

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi lognormal untuk selanjutnya mencari nilai *r* dari pola kerusakan komponen *infeed roller* pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24

Tabel *Index of Fit* Distribusi Lognormal Komponen *Infeed Roller*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	111,3333	4,7125	0,045455	-1,690505	-7,966554	22,207927	2,857807
2	155,3333	5,0456	0,110390	-1,224265	-6,177120	25,457810	1,498825
3	309,3333	5,7344	0,175325	-0,933367	-5,352316	32,883566	0,871173
4	309,3333	5,7344	0,240260	-0,705614	-4,046285	32,883566	0,497891
5	375,3333	5,9278	0,305195	-0,509443	-3,019886	35,138985	0,259533
6	397,3333	5,9848	0,370130	-0,331500	-1,983955	35,817538	0,109892
7	397,3333	5,9848	0,435065	-0,163423	-0,978051	35,817538	0,026707
8	441,3333	6,0898	0,500000	0,000000	0,000000	37,085669	0,000000
9	463,3333	6,1384	0,564935	0,163423	1,003165	37,680528	0,026707
10	529,3333	6,2716	0,629870	0,331500	2,079044	39,333197	0,109892
11	617,3333	6,4254	0,694805	0,509443	3,273382	41,285882	0,259533
12	661,3333	6,4943	0,759740	0,705614	4,582438	42,175387	0,497891
13	705,3333	6,5587	0,824675	0,933367	6,121644	43,016159	0,871173
14	749,3333	6,6192	0,889610	1,224265	8,103637	43,813596	1,498825
15	969,3333	6,8766	0,954545	1,690505	11,624941	47,287745	2,857807
<b>Total</b>	<b>7192</b>	<b>90,5983</b>	<b>7,5</b>	<b>0</b>	<b>7,264084</b>	<b>551,8851</b>	<b>12,243658</b>

Dari Tabel 4.24 adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0,04545$$

$z_i$  didapat dari tabel z (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(15)(7,264084) - (90,5983)(0,00000)}{\sqrt{((15)(551,8851) - (90,5983)^2)(15(12,243658) - (0,00000)^2)}} = 0.959462$$

c. *Index of Fit* Distribusi Exponensial

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi exponensial untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *infeed roller* pada Tabel 4.25:

Tabel 4.25

Tabel *Index of Fit* Distribusi Exponensial Komponen *Infeed Roller*

i	$t_i$	$x_i$	$F(t_i)$	$y_i$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	111,333	111,333	0,045455	0,04652	5,179228407	12395,11111	0,002164
2	155,333	155,333	0,11039	0,056777	8,819285455	24128,44444	0,003224
3	309,333	309,333	0,175325	0,060219	18,62770069	95687,11111	0,003626
4	309,333	309,333	0,24026	0,061944	19,16149432	95687,11111	0,003837
5	375,333	375,333	0,305195	0,062981	23,63897852	140875,1111	0,003967
6	397,333	397,333	0,37013	0,063673	25,29944302	157873,7778	0,004054
7	397,333	397,333	0,435065	0,064168	25,49589956	157873,7778	0,004117
8	441,333	441,333	0,5	0,064539	28,48300066	194775,1111	0,004165
9	463,333	463,333	0,564935	0,064827	30,03658556	214677,7778	0,004203
10	529,333	529,333	0,62987	0,065058	34,43744032	280193,7778	0,004233
11	617,333	617,333	0,694805	0,065247	40,27924349	381100,4444	0,004257
12	661,333	661,333	0,75974	0,065405	43,2543063	437361,7778	0,004278
13	705,333	705,333	0,824675	0,065538	46,22615114	497495,1111	0,004295
14	749,333	749,333	0,88961	0,065652	49,19546708	561500,4444	0,00431
15	969,333	969,333	0,954545	0,065751	63,73500198	939607,1111	0,004323
<b>Total</b>	<b>7192</b>	<b>7192</b>	<b>7,5</b>	<b>0,938299</b>	<b>461,869227</b>	<b>4191232</b>	<b>0,059054</b>

Dari Tabel 4.25 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0.45455$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0.045455} \right) \right] = 0,04652$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(15)(461,869227) - (7192)(0,059054)}{\sqrt{((15)(4191232) - (7192)^2)(15(0,059054) - (0,938299)^2)}} = 0,536330917$$

d. *Index of Fit* Distribusi *Weibull*

Berikut merupakan perhitungan *index of fit* distribusi *Weibull* untuk selanjutnya mencari nilai *r* dari pola kerusakan komponen *infeed roller* pada Tabel 4.26:

Tabel 4.26

Tabel Index of Fit Distribusi *Weibull* Komponen *Infeed Roller*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	111,333	4,7125	0,045455	-3,067873	-14,457438	22,207927	9,411842
2	155,333	5,0456	0,110390	-2,868632	-14,473896	25,457810	8,229052
3	309,333	5,7344	0,175325	-2,809770	-16,112398	32,883566	7,894806
4	309,333	5,7344	0,240260	-2,781517	-15,950383	32,883566	7,736835
5	375,333	5,9278	0,305195	-2,764918	-16,389918	35,138985	7,644769
6	397,333	5,9848	0,370130	-2,753993	-16,482031	35,817538	7,584478
7	397,333	5,9848	0,435065	-2,746258	-16,435737	35,817538	7,541933
8	441,333	6,0898	0,500000	-2,740493	-16,689056	37,085669	7,510302
9	463,333	6,1384	0,564935	-2,736031	-16,794978	37,680528	7,485863
10	529,333	6,2716	0,629870	-2,732474	-17,137034	39,333197	7,466414
11	617,333	6,4254	0,694805	-2,729573	-17,538622	41,285882	7,450568
12	661,333	6,4943	0,759740	-2,727161	-17,710888	42,175387	7,437408
13	705,333	6,5587	0,824675	-2,725125	-17,873196	43,016159	7,426305
14	749,333	6,6192	0,889610	-2,723382	-18,026569	43,813596	7,416812
15	969,333	6,8766	0,954545	-2,721875	-18,717267	47,287745	7,408602
<b>Total</b>	<b>7192</b>	<b>90,5983</b>	<b>7,5</b>	<b>-41,629074</b>	<b>-250,789411</b>	<b>551,885096</b>	<b>115,64599</b>

Dari Tabel 4.26 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *i*=1.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0.45455$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0.45455} \right) \right] = 0.04652$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$= \frac{(15)(-250,789411) - (90,5983)(-41,629074)}{\sqrt{((15)(551,885096) - (90,5983)^2)(15(115,645990) - (-41,629074)^2)}} = 0,883537$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *infeed roller* dapat diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

$$\text{Index of Fit Normal} = 0,985922$$

$$\text{Index of Fit Lognormal} = 0,959462$$

$$\text{Index of Fit Eksponensial} = 0,536331$$

$$\text{Index of Fit Weibull} = 0,883537$$

Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi normal yaitu sebesar 0,978962935.

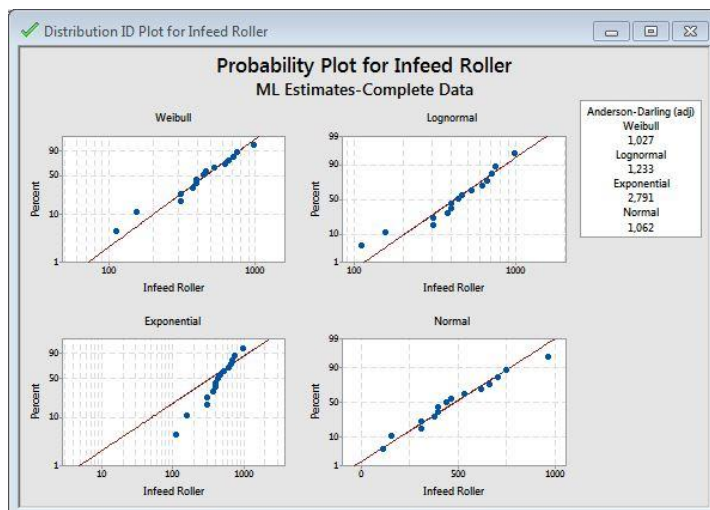


## 2. Perhitungan dengan Menggunakan Minitab 17.

Berikut contoh perhitungan *index of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *infeed roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada. Langkah dalam perhitungan *index of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok *Cutter Creaser* – poin 2.

*Output* perhitungan menggunakan Minitab 17 seperti pada Gambar 4.23

*Anderson-Darling*  
 Distribution (adj)  
*Weibull* 1,027  
 Lognormal 1,233  
*Exponential* 2,791  
 Normal 1,062



Gambar 4.23 *Output* pengolahan data dengan Minitab 17 *infeed roller*

Berdasarkan Gambar 4.23 *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 17 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* yang terkecil maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi *weibull* yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen *infeed roller* dengan nilai *Anderson Darling* sebesar 1.027.

Berikut merupakan tabel perbandingan pemilihan distribusi antara nilai yang diperoleh secara hitungan manual maupun nilai yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan Minitab 17.

Berikut merupakan Tabel 4.27 yang merupakan perbandingan antara perhitungan manual dan perhitungan menggunakan Minitab 17.

Tabel 4.27

Tabel Perbandingan *Index of Fit* Manual dan *Index of Fit* dengan Minitab 17

No	Distribusi	R	Anderson Darling
1	Normal	0,985922497	1.062
2	Lognormal	0,959462237	1.233
3	Eksponensial	0,536330917	2.791
4	Weibull	0,883537173	1.027

Dari Tabel 4.27 dapat diketahui terdapat perbedaan antara hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Minitab 17. Hasil perhitungan manual menunjukan hasil *r* terbesar dibandingkan distribusi lainnya yang artinya distribusi normal terpilih sebagai dugaan pola distribusi kerusakan komponen *infeed roller*. Sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Minitab 17 menunjukan bahwa nilai *Anderson Darling* terkecil berpola *weibull*. Pendugaan yang diuji kecocokan distribusinya adalah data kerusakan dengan pola distribusi *weibull* karena menurut teori yaitu data kerusakan mesin berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.3.3 Goodness of Fit Komponen Mesin Blok Infeed Printing

Distribusi yang diuji pada uji statistik *goodness of fit* komponen *infeed roller* adalah distribusi *weibull*. Uji statistik yang digunakan pada *goodness of fit* untuk distribusi *weibull* adalah *Mann-whitney test*. *Goodness of fit* pada penelitian kali ini menggunakan *software Ms.Excel* untuk perhitungan manual dan menggunakan *software* Minitab 17. Berikut merupakan Tabel 4.28 yang merupakan langkah dan contoh perhitungan *goodness of fit* dair komponen *infeed roller*.

##### 1. Perhitungan Manual

$H_0$  = Komponen *Infeed Roller* berdistribusi *weibull*

$H_1$  = Komponen *Infeed Roller* tidak berdistribusi *weibull*

Tabel 4.28

Tabel *Goodness of Fit* Komponen *Infeed Roller*

i	$t_i$	$\ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i+1} - \ln t_i$	$(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M$
1	111,333	4,713	-5,835	1,102	0,333	0,302
2	155,333	5,046	-4,733	0,514	0,689	1,341
3	309,333	5,734	-4,219	0,339	0,000	0,000
4	309,333	5,734	-3,880	0,254	0,193	0,761
5	375,333	5,928	-3,626	0,204	0,057	0,280
6	397,333	5,985	-3,422	0,170	0,000	0,000
7	397,333	5,985	-3,252	0,146	0,105	0,719
8	441,333	6,090	-3,106	0,128	0,049	0,379
9	463,333	6,138	-2,978	0,114	0,133	1,165
10	529,333	6,272	-2,863	0,103	0,154	1,491
11	617,333	6,425	-2,760	0,094	0,069	0,732
12	661,333	6,494	-2,666	0,086	0,064	0,745
13	705,333	6,559	-2,580	0,080	0,061	0,756

i	ti	ln ti	Zi	Mi	ln ti+1 – ln ti	(ln ti+1 – ln ti)/ M
14	749,333	6,619	-2,500	2,500	0,257	0,103
15	969,333	6,877				

$$k1 = \frac{15}{2} = 7.5; \quad k2 = \frac{15-1}{2} = 7$$

$$Z_i = \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{i + 0.5}{n + 0.25}\right)\right] = -5,835$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = -4.733 - (-5.835) = 1,102$$

Uji statistiknya adalah sebagai berikut.

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]}{k2 \sum_{i=1}^{k1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]} = \frac{7.5 \sum_{i=1}^{14} [1,165 + \dots + 0,103]}{7 \sum_{i=1}^8 [0,302 + \dots + 0,379]} = 1,1429$$

Dari hasil perhitungan *goodness of fit* didapat nilai *Mann* yaitu sebesar 1,1429. Sedangkan  $F_{(0,05;15;14)} = 2,463$ .  $H_0$  diterima apabila nilai  $M < M_{\text{Cric}}$  pada tabel F. Sehingga pada perhitungan ini  $H_0$  diterima.

## 2. Perhitungan menggunakan Minitab 17

Berikut contoh perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *infeed roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran. Langkah dalam perhitungan *goodness of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.3 *Goodness of Fit* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser – poin 2.

Berikut merupakan *output* perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17:

*Goodness of Fit Test*  
*Distribution* AD P  
 Normal 0,206 0,838  
 Exponential 1,935 0,009  
 Weibull 0,190 >0,250  
 Lognormal 0,445 0,244

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 17 maka distribusi yang terpilih yaitu distribusi *weibull* karena memiliki nilai AD terkecil dan memiliki P-value lebih dari 0,05.

Berikut merupakan Tabel 4.29 merupakan perbandingan hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

Tabel 4.29

Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan Minitab 17.

Perhitungan	Hasil	Kesimpulan
Perhitungan manual dengan menggunakan Ms.Excel	$M < M_{\text{Cric}} ; 1,1429 < 2,463;$ $H_0$ Diterima	Data kerusakan <i>infeed roller</i> berdistribusi <i>weibull</i>

Perhitungan dengan menggunakan <i>software</i> Minitab 17	Nilai AD = 0.190 P-Value = 0.250 P-Value > 0.05	Data kerusakan <i>infeed roller</i> berdistribusi <i>weibull</i>
---	---	--

Dari Tabel 4.35 hasil perbandingan antara perhitungan uji *goodness of fit* manual dan *software* Minitab 17 menunjukkan tidak ada perbedaan kesimpulan. Keduanya menunjukkan bahwa data kerusakan komponen *infeed roller* berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.3.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok *Infeed Printing*

Setelah melakukan uji distribusi terhadap komponen *infeed roller* yang berdistribusi *weibull*, langkah selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Perhitungan parameter distribusi kali ini menggunakan *software* Minitab 17. Langkah-langkah untuk mencari parameter distribusi sama dengan mencari *goodness of fit* pada Minitab 17. Berikut merupakan parameter yang diperoleh.

##### *ML Estimates of Distribution Parameters*

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	479,46667		230,35806	
Exponential		479,46666		
Weibull	2,29179	541,43038		
Lognormal*	6,03989	0,57827		

Dari *output* Minitab 17 dapat diketahui parameter *shape* = 2,29179 dan *scale* = 541,43038 yang digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen *infeed roller*.

#### 4.4.1.4 Pola Distribusi Kerusakan Blok *Delivery Unit*

Perhitungan pola distribusi komponen blok *delivery unit* dihitung dengan cara mencari waktu antar kerusakan (*time to failure*), pendugaan distribusi kerusakan komponen (*Index of Fit*), uji kecocokan data kerusakan (*goodness of fit*), dan penentuan parameter distribusi.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan pola kerusakan komponen blok *delivery unit*.

##### 4.4.1.4.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin Blok *Delivery Unit*

Berikut merupakan Tabel 4.30 perhitungan *time to failure* komponen *roller conveyor* pada blok *delivery unit*.

Tabel 4.30

Tabel *Time to Failure* Komponen *Roller Conveyor*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	Januari	14 Januari 2016	8.30	9.00	0	0
2	Februari	04 Februari 2016	21.00	21.30	27780	463
3		23 Februari 2016	8.10	8.40	25140	419
4	Maret	07 Maret 2016	10.55	11.25	17220	287
5	April	14 April 2016	14.10	14.40	50220	837
6	Mei	04 Mei 2016	19.15	19.45	26460	441
7	Juni	15 Juni 2016	10.20	11.50	55500	925
8	Juli	25 Juli 2016	7.25	7.55	52860	881
9	Agustus	17 Agustus 2016	12.15	12.45	30420	507
10	September	08 September 2016	19.45	20.15	29100	485
11	Oktober	03 Oktober 2016	11.45	12.15	33060	551
12		27 Oktober 2016	8.00	8.30	31740	529
13	November	11 November 2016	20.05	20.35	19860	331
14	Desember	20 Desember 2016	11.55	12.25	51540	859

Contoh perhitungan TTF tanggal 14 Januari 2016 sampai 4 Februari 2016:

*Time to repair* pada tanggal 4 Februari 2016:

8 Februari 2016 pukul 21.00 – 21.30 = 30 menit

*Time between failure*:

14 Januari 2016 sampai 4 Februari 2016 = 21 x 22 jam x 60 menit = 27720 menit

*Time to repair* tanggal 14 Januari 2016

Pukul 8.30 – 9.30 = 30 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 27780 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 463 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 14 yaitu pada tanggal 20 Desember dengan *time to failure* sebesar 859 jam. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 1 penelitian ini.

#### 4.4.1.4.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok *Delivery Unit*

Pendugaan pola distribusi kerusakan komponen mesin pada blok *delivery unit* dapat dilakukan dengan mencari nilai *r* pada hasil perhitungan *index of fit* untuk setiap distribusi yang diuji pada penelitian ini. Pengujian *index of fit* dapat dilakukan secara manual dan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

##### 1. Perhitungan Manual

Perhitungan manual *index of fit* komponen mesin blok *delivery unit* pada penelitian ini menggunakan *Ms.Excel*. Berikut merupakan contoh perhitungan komponen *roller conveyor*.

a. *Index of Fit* Distribusi Normal

Berikut merupakan Tabel 4.31 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi normal untuk selanjutnya mencari nilai *r* dari pola kerusakan komponen *roller conveyor*:

Tabel 4.31

Tabel *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen *Roller Conveyor*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	287	287	0,052239	-1,623612	-465,976627	82369	2,636116
2	331	331	0,126866	-1,141172	-377,727813	109561	1,302273
3	419	419	0,201493	-0,836455	-350,474739	175561	0,699657
4	441	441	0,276119	-0,595513	-262,621384	194481	0,354636
5	463	463	0,350746	-0,383388	-177,508858	214369	0,146987
6	485	485	0,425373	-0,188274	-91,312897	235225	0,035447
7	507	507	0,5	0	0	257049	0
8	529	529	0,574627	0,188274	99,596954	279841	0,035447
9	551	551	0,649254	0,383388	211,247043	303601	0,146987
10	837	837	0,723881	0,594487	497,585332	700569	0,353414
11	859	859	0,798507	0,836455	718,515037	737881	0,699657
12	881	881	0,873134	1,141172	1005,372216	776161	1,302273
13	925	925	0,947761	1,623612	1501,841045	855625	2,636116
<b>total</b>	<b>7515</b>	<b>7515</b>	<b>6,50</b>	<b>-0,001027</b>	<b>2308,535309</b>	<b>4922293</b>	<b>10,349010</b>

Dari Tabel 4.31 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *i*=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0,052239$$

*z<sub>i</sub>* didapat dari tabel *z* (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai *F(t<sub>i</sub>)* yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(2308,535309) - (7515)(-0,001027)}{\sqrt{((13)(4922293) - (7515)^2)(13(10,349010 - (-0,001027)^2))}} = 0,94409$$

b. *Index of Fit* Distribusi Lognormal

Berikut Tabel 4.32 merupakan perhitungan nilai *r index of fit* distribusi lognormal dari pola kerusakan komponen *roller conveyor*.

Tabel 4.32

Tabel *Index of Fit* Distribusi Lognormal Komponen *Roller Conveyor*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	287	5,659482	0,052239	-1,623612	-9,188803	32,029739	2,636116
2	331	5,802118	0,126866	-1,141172	-6,621213	33,664578	1,302273
3	419	6,037871	0,201493	-0,836455	-5,050409	36,455885	0,699657
4	441	6,089045	0,276119	-0,595513	-3,626107	37,076467	0,354636
5	463	6,137727	0,350746	-0,383388	-2,353134	37,671693	0,146987
6	485	6,184149	0,425373	-0,188274	-1,164315	38,243698	0,035447
7	507	6,228511	0,5	0	0	38,794349	0
8	529	6,270988	0,574627	0,188274	1,180664	39,325296	0,035447
9	551	6,311735	0,649254	0,383388	2,419846	39,837996	0,146987
10	837	6,729824	0,723881	0,594487	4,000791	45,290532	0,353414
11	859	6,755769	0,798507	0,836455	5,650898	45,640414	0,699657
12	881	6,781058	0,873134	1,141172	7,738351	45,982743	1,302273
13	925	6,829794	0,947761	1,623612	11,088935	46,646082	2,636116
<b>Total</b>	<b>7515</b>	<b>81,818071</b>	<b>6,5</b>	<b>-0,001027</b>	<b>4,075504</b>	<b>516,659473</b>	<b>10,349010</b>

Dari Tabel 4.32 adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0,052239$$

$z_i$  didapat dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(4.075504) - (81.818071)(-0,001027)}{\sqrt{((13)(516.659473) - (81.818071)^2)((13)(10.349010) - (-0,001027)^2)}} = 0.967155$$

c. *Index of Fit* Distribusi Exponensial

Berikut merupakan Tabel 4.33 perhitungan *index of fit* distribusi exponensial untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *roller conveyor*.

Tabel 4.33

Tabel *Index of Fit* Distribusi Exponensial Komponen *Roller Conveyor*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	287	287	0,052239	0,053653	15,3983288	82369	0,002879
2	331	331	0,126866	0,065534	21,6917677	109561	0,004295
3	419	419	0,201493	0,069526	29,1314202	175561	0,004834
4	441	441	0,276119	0,071528	31,5438768	194481	0,005116
5	463	463	0,350746	0,072731	33,6745426	214369	0,00529
6	485	485	0,425373	0,073534	35,6640308	235225	0,005407
7	507	507	0,5	0,074108	37,5727419	257049	0,005492
8	529	529	0,574627	0,074539	39,4309218	279841	0,005556
9	551	551	0,649254	0,074874	41,2553916	303601	0,005606
10	837	837	0,723881	0,075142	62,8936878	700569	0,005646

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
11	859	859	0,798507	0,075361	64,7353017	737881	0,005679
12	881	881	0,873134	0,075544	66,5543829	776161	0,005707
13	925	925	0,947761	0,075699	70,0215026	855625	0,00573
<b>Total</b>	<b>7515</b>	<b>7515</b>	<b>6,5</b>	<b>0,931773</b>	<b>549,567897</b>	<b>4922293</b>	<b>0,067237</b>

Dari Tabel 4.33 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(ti) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0.052239$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0.052239} \right) \right] = 0,053653$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$= \frac{(13)(549,567897) - (7515)(0,931773)}{\sqrt{\left[ (13)(4922293) - (7515)^2 \right] \left[ (13)(0,067237) - (0,931773)^2 \right]}} = 0,67566$$

d. *Index of Fit Distribusi Weibull*

Berikut Tabel 4.34 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi *Weibull* untuk selanjutnya mencari nilai r dari pola kerusakan komponen *roller conveyor*.

Tabel 4.34

Tabel Index of Fit Distribusi *Weibull* Komponen *Roller Conveyor*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	287	5,659482	0,052239	-2,925223	-16,555249	32,029739	8,556931
2	331	5,802118	0,126866	-2,725186	-15,811849	33,664578	7,426636
3	419	6,037871	0,201493	-2,666054	-16,097287	36,455885	7,107842
4	441	6,089045	0,276119	-2,637665	-16,060863	37,076467	6,957279
5	463	6,137727	0,350746	-2,620985	-16,086890	37,671693	6,869562
6	485	6,184149	0,425373	-2,610006	-16,140667	38,243698	6,812133
7	507	6,228511	0,500000	-2,602232	-16,208032	38,794349	6,771612
8	529	6,270988	0,574627	-2,596438	-16,282233	39,325296	6,741491
9	551	6,311735	0,649254	-2,591953	-16,359720	39,837996	6,718220
10	837	6,729824	0,723881	-2,588378	-17,419330	45,290532	6,699702
11	859	6,755769	0,798507	-2,585462	-17,466785	45,640414	6,684615
12	881	6,781058	0,873134	-2,583038	-17,515731	45,982743	6,672086
13	925	6,829794	0,947761	-2,580991	-17,627639	46,646082	6,661516
<b>Total</b>	<b>7515</b>	<b>81,818071</b>	<b>6,5</b>	<b>-34,313612</b>	<b>-215,632276</b>	<b>516,659473</b>	<b>90,679626</b>

Dari Tabel 4.34 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(ti) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0.052239$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0.052239} \right) \right] = 0,053653$$



$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(-215,632276) - (81,818071)(-34,313612)}{\sqrt{((13)(516,659473) - (81,818071)^2)((13)(90,679626) - (-34,313612)^2)}} = 0,757031488$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *roller conveyor* dapat diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

*Index of Fit Normal* = 0,944099933

*Index of Fit Lognormal* = 0,967155792

*Index of Fit Eksponensial* = 0,675666625

*Index of Fit Weibull* = 0,757031488

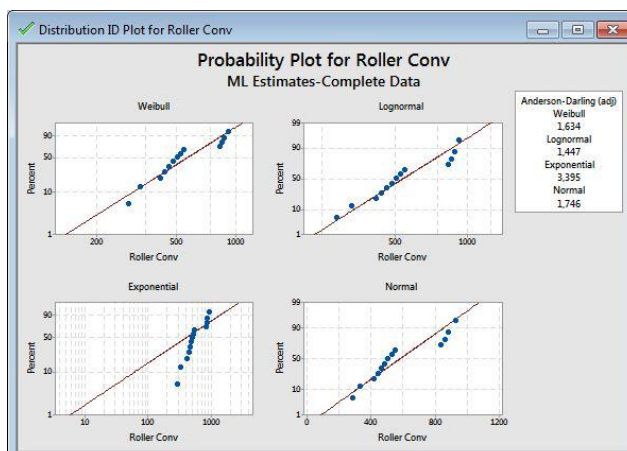
Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi lognormal yaitu sebesar 0,967155792.

## 2. Perhitungan dengan Menggunakan Minitab 17

Berikut contoh perhitungan *index of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller conveyor*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada. Langkah dalam perhitungan *index of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok *Cutter Creaser* – poin 2. Berikut merupakan *output* perhitungan menggunakan Minitab 17 seperti pada Gambar 4.24.

*Goodness-of-Fit*

*Anderson-Darling*  
*Distribution* (adj)  
*Weibull* 1,634  
*Lognormal* 1,447  
*Exponential* 3,395  
*Normal* 1,746



Gambar 4.24 Output pengolahan data dengan Minitab 17 roller conveyor

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 17 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* yang terkecil maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi *lognormal* yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen *roller conveyor* dengan nilai *Anderson Darling* sebesar 1.447.

Berikut merupakan Tabel 4.35 merupakan perbandingan pemilihan distribusi antara nilai yang diperoleh secara hitungan manual maupun nilai yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan Minitab 17.

Tabel 4.35

Tabel Perbandingan *Index of Fit* Manual dan *Index of Fit* dengan Minitab 17

No	Distribusi	R	Anderson Darling
1	Normal	0,944099933	1.634
2	Lognormal	0,967155792	1.447
3	Eksponensial	0,675666625	3.395
4	Weibull	0,757031488	1.634

Dari Tabel 4.35 dapat diketahui terdapat perbedaan antara hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17. Hasil perhitungan manual menunjukkan hasil *r* lognormal dengan nilai terbesar dibandingkan distribusi lainnya yang artinya distribusi lognormal terpilih sebagai dugaan pola distribusi kerusakan komponen *roller conveyor*. Sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17 menunjukkan bahwa nilai *Anderson Darling* terkecil berpola lognormal.

Dari hasil interpretasi perhitungan *index of fit* data kerusakan komponen menunjukkan bahwa data berdistribusi lognormal, tetapi untuk menyesuaikan dengan teori bahwa data kerusakan mesin berdistribusi *weibull* maka dilakukan uji *goodness of fit* data dengan distribusi *weibull*.

#### 4.4.1.4.3 *Goodness of Fit* Komponen Mesin Blok *Delivery Unit*

Distribusi yang diuji pada uji statistik *goodness of fit* komponen *roller conveyor* adalah distribusi *weibull*. Uji statistik yang digunakan pada *goodness of fit* untuk distribusi *weibull* adalah *Mann-whitney test*. *Goodness of fit* pada penelitian kali ini menggunakan *software Ms.Excel* untuk perhitungan manual dan menggunakan *software* Minitab 17. Berikut merupakan Tabel 4.36 yang merupakan langkah dan contoh perhitungan *goodness of fit* dari komponen *roller conveyor*.

##### 1. Perhitungan Manual

$H_0$  = Komponen *roller conveyor* berdistribusi *weibull*

$H_1$  = Komponen *roller conveyor* tidak berdistribusi *weibull*

Tabel 4.36

Tabel *Goodness of Fit* Komponen *Roller Conveyor*

i	t <sub>i</sub>	ln t <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	ln t <sub>i+1</sub> – ln t <sub>i</sub>	(ln t <sub>i+1</sub> – ln t <sub>i</sub> )/ M
1	287	5,659	-5,835	1,102	0,143	0,129
2	331	5,802	-4,733	0,514	0,236	0,459
3	419	6,038	-4,219	0,339	0,051	0,151
4	441	6,089	-3,880	0,254	0,049	0,191
5	463	6,138	-3,626	0,204	0,046	0,228
6	485	6,184	-3,422	0,170	0,044	0,261
7	507	6,229	-3,252	0,146	0,042	0,291
8	529	6,271	-3,106	0,128	0,041	0,318
9	551	6,312	-2,978	0,114	0,418	3,658
10	837	6,730	-2,863	0,103	0,026	0,252
11	859	6,756	-2,760	0,094	0,025	0,269
12	881	6,781	-2,666	0,086	0,049	0,564
13	925	6,830	-2,580			

$$k1 = \frac{13}{2} = 6.5; \quad k2 = \frac{13-1}{2} = 6$$

$$Z_i = \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{i + 0.5}{n + 0.25}\right)\right] = -5,835$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = -4.733 - (-5.835) = 1,102$$

Uji statistiknya adalah sebagai berikut.

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]}{k2 \sum_{i=1}^{k1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]} = \frac{7.5 \sum_{i=8}^{13} [0,318 + \dots + 0,564]}{7 \sum_{i=1}^7 [0,129 + \dots + 0,291]} = 1,08333333$$

Dari hasil perhitungan *goodness of fit* didapat nilai *Mann* yaitu sebesar 1,0833333. Sedangkan  $F_{(0,05;13;12)} = 2,660$ .  $H_0$  diterima apabila nilai  $M < M_{Cric}$  pada tabel F. Sehingga pada perhitungan ini  $H_0$  diterima.

## 2. Perhitungan menggunakan Minitab 17

Berikut contoh perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller conveyor*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada. Langkah dalam perhitungan *goodness of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.3 *Goodness of Fit* Komponen Mesin *Blok Cutter Creaser* – poin 2. Berikut merupakan *output* perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17.

### *Goodness of Fit Test*

*Distribution* AD P

Normal 0,766 0,034

*Exponential* 2,594 <0,003

*Weibull* 0,725 0,048

Lognormal 0,465 0,211

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 17 distribusi dengan nilai AD sebesar 0.465 dan nilai P-Value > 0.05 (0.211 > 0.005) yaitu distribusi lognormal.

Berikut merupakan Tabel 4.37 perbandingan hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

Tabel 4.37

Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan Minitab 17.

Perhitungan	Hasil	Kesimpulan
Perhitungan manual dengan menggunakan Ms.Excel	$M < M_{\text{Crit}}; 1,0833333 < 2,660;$ $H_0$ Diterima	Data kerusakan <i>roller conveyor</i> berdistribusi <i>weibull</i>
Perhitungan dengan menggunakan <i>software</i> Minitab 17	Nilai AD = 0.465 P-Value = 0.211 P-Value > 0.05	Data kerusakan <i>roller conveyor</i> berdistribusi lognormal

Pada Tabel 4.37 hasil perbandingan antara perhitungan uji *goodness of fit* manual dan *software* Minitab 17 menunjukkan adanya perbedaan dimana hitungan manual menunjukkan bahwa hasil uji *goodness of fit* menunjukkan jika data berdistribusi *weibull* sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17 menunjukkan jika data pola distribusi kerusakan lebih cocok untuk diinterpretasikan sebagai data yang berdistribusi lognormal. Pada komponen *roller conveyor* penelitian kali ini pola distribusi pola kerusakan komponen adalah *weibull* mengacu pada hasil perhitungan manual dan teori distribusi kerusakan mesin yang mengatakan jika pola distribusi kerusakan mesin berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.4.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok *Delivery unit*

Setelah melakukan uji distribusi terhadap komponen *roller conveyor*, langkah selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Perhitungan parameter distribusi kali ini menggunakan *software* Minitab 17. Langkah-langkah untuk mencari parameter distribusi sama dengan mencari *goodness of fit* pada Minitab 17. Berikut merupakan parameter yang diperoleh.

*ML Estimates of Distribution Parameters*

*Distribution Location Shape Scale Threshold*

Normal\* 578,07692 219,47758

Exponential 578,07688

Weibull 2,98656 649,77183

Lognormal\* 6,29370 0,37873

Dari *output* Minitab 17 dapat diketahui parameter *shape*= 2,29656 dan *scale*= 649,77183 yang digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen *roller conveyor*.

#### 4.4.1.5 Pola Distribusi Kerusakan Blok *Web Splicer*

Perhitungan pola distribusi komponen blok *web splicer* dihitung dengan cara mencari waktu antar kerusakan (*time to failure*), pendugaan distribusi kerusakan komponen (*Index of Fit*), uji kecocokan data kerusakan (*goodness of fit*), dan penentuan parameter distribusi.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan pola kerusakan komponen blok *web splicer*.

##### 4.4.1.5.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin Blok *Web Splicer*

Berikut merupakan Tabel 4.38 perhitungan *time to failure* komponen *motor splicer* pada blok *web splicer*.

Tabel 4.38

Tabel *Time to Failure* komponen *Motor Splicer*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	Januari	21 Januari 2016	12.00	12.45	0	0
2	Februari	22 Februari 2016	09.15	10.00	42330	705,5
3	Maret	11 Maret 2016	20.00	20.45	23850	397,5
4	April	15 April 2016	03.45	4.25	46290	771,5
5	Mei	13 Mei 2016	09.05	09.50	37050	617,5
6	Juni	16 Juni 2016	10.05	10.50	44970	749,5
7	Juli	07 Juli 2016	8.10	8.55	27810	463,5
8	Agustus	05 Agustus 2016	11.10	11.55	38370	639,5
9		29 Agustus 2016	10.10	10.45	31770	529,5
10	September	21 September 2016	8.45	09.30	30450	507,5
11	Oktober	17 Oktober 2016	9.30	10.15	34410	573,5
12	November	09 November 2016	07.15	8.00	30450	507,5
13	Desember	05 Desember 2016	16.00	16.45	34410	573,5
14		27 Desember 2016	7.20	8.05	29130	485,5

Contoh perhitungan TTF tanggal 21 Januari 2016 sampai 22 Februari 2016:

*Time to repair* pada tanggal 22 Februari 2016:

22 Februari 2016 pukul 09.15 – 10.00 = 45 menit

*Time between failure*:

21 Januari 2016 sampai 22 Februari 2016 = 32 x 22 jam x 60 menit = 27630 menit

*Time to repair* tanggal 21 Januari 2016

Pukul 12.00 – 12.45 = 45 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 42330 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 705,5 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 14 yaitu pada tanggal 27 Desember dengan *time to failure* sebesar 485,5 jam. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran penelitian ini.

#### 4.4.1.5.2 Index of Fit Komponen Mesin Blok Web Spicer

Pendugaan pola distribusi kerusakan komponen mesin pada blok *websplicer* dapat dilakukan dengan mencari nilai  $r$  pada hasil perhitungan *index of fit* untuk setiap distribusi yang diuji pada penelitian ini. Pengujian *index of fit* dapat dilakukan secara manual dan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

##### 1. Perhitungan Manual

Perhitungan manual *index of fit* komponen mesin blok *web splicer* pada penelitian ini menggunakan *Ms.Excel*. Berikut merupakan perhitungan komponen *motor splicer*.

##### a. Index of Fit Distribusi Normal

Berikut Tabel 4.39 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi normal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *motor splicer*.

Tabel 4.39

Tabel *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen *Motor Splicer*

i	$t_i$	$x_i$	$F(t_i)$	$z_i$	$x_i \cdot z_i$	$x_i^2$	$z_i^2$
1	397,5	397,5	0,052239	-1,62361	-645,386	158006,3	2,636116
2	463,5	463,5	0,126866	-1,44117	-667,983	214832,3	2,076976
3	485,5	485,5	0,201493	-0,83646	-406,099	235710,3	0,699657
4	507,5	507,5	0,276119	-0,59449	-301,702	257556,3	0,353414
5	507,5	507,5	0,350746	-0,38339	-194,57	257556,3	0,146987
6	529,5	529,5	0,425373	-0,18827	-99,6911	280370,3	0,035447
7	573,5	573,5	0,5	0	0	328902,3	0
8	573,5	573,5	0,574627	0,188274	107,9751	328902,3	0,035447
9	617,5	617,5	0,649254	0,383388	236,7424	381306,3	0,146987
10	639,5	639,5	0,723881	0,594487	380,1742	408960,3	0,353414
11	705,5	705,5	0,798507	0,836455	590,1192	497730,3	0,699657
12	749,5	749,5	0,873134	1,441172	1080,158	561750,3	2,076976
13	771,5	771,5	0,947761	1,623612	1252,617	595212,3	2,636116
<b>Total</b>	<b>7521,5</b>	<b>7521,5</b>	<b>6,5</b>	<b>0</b>	<b>1332,355</b>	<b>4506795</b>	<b>11,89719</b>

Dari Tabel 4.39 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0,052239$$

$z_i$  didapat dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(1332,355) - (7521,5)(0)}{\sqrt{((13)(4506795) - (7521,5)^2)(13(11,89719) - (0)^2)}} = 0,981050498$$

b. *Index of Fit* Distribusi Lognormal

Berikut Tabel 4.40 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi lognormal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *motor splicer*.

Tabel 4.40

Tabel *Index of Fit* Distribusi Lognormal Komponen *Motor Splicer*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> . z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	397,5	5,985195	0,052239	-1,62361	-9,71763	35,82256	2,636116
2	463,5	6,138806	0,126866	-1,44117	-8,84707	37,68494	2,076976
3	485,5	6,185179	0,201493	-0,83646	-5,17363	38,25644	0,699657
4	507,5	6,229497	0,276119	-0,59449	-3,70335	38,80663	0,353414
5	507,5	6,229497	0,350746	-0,38339	-2,38832	38,80663	0,146987
6	529,5	6,271933	0,425373	-0,18827	-1,18084	39,33715	0,035447
7	573,5	6,351758	0,5	0	0	40,34483	0
8	573,5	6,351758	0,574627	0,188274	1,195871	40,34483	0,035447
9	617,5	6,425679	0,649254	0,383388	2,463531	41,28935	0,146987
10	639,5	6,460687	0,723881	0,594487	3,840792	41,74047	0,353414
11	705,5	6,558907	0,798507	0,836455	5,486232	43,01926	0,699657
12	749,5	6,619406	0,873134	1,441172	9,539701	43,81654	2,076976
13	771,5	6,648337	0,947761	1,623612	10,79432	44,20038	2,636116
<b>Total</b>	<b>7521,5</b>	<b>82,45664</b>	<b>6,5</b>	<b>0</b>	<b>2,3096</b>	<b>523,47</b>	<b>11,89719</b>

Contoh perhitungan untuk  $i=1$

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0,052239$$

$z_i$  didapat dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Z_i - (\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Z_i^2 - (\sum_{i=1}^n Z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(2,3096) - (82,45664)(0)}{\sqrt{((13)(523,47) - (82,45664)^2)(13(11,89719) - (0)^2)}} = 0,984566627$$

c. *Index of Fit* Distribusi Exponensial

Berikut Tabel 4.41 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *motor splicer*.

Tabel 4.41

Tabel *Index of Fit* Distribusi Exponensial Komponen *Motor Splicer*

I	t <sub>i</sub>	xi	F(ti)	yi	xi .yi	xi <sup>2</sup>	yi <sup>2</sup>
1	397,5	397,5	0,052239	0,053653	21,32695	158006,3	0,002879
2	463,5	463,5	0,126866	0,065534	30,37503	214832,3	0,004295
3	485,5	485,5	0,201493	0,069526	33,7549	235710,3	0,004834
4	507,5	507,5	0,276119	0,071528	36,30049	257556,3	0,005116
5	507,5	507,5	0,350746	0,072731	36,91108	257556,3	0,00529
6	529,5	529,5	0,425373	0,073534	38,9363	280370,3	0,005407
7	573,5	573,5	0,5	0,074108	42,50092	328902,3	0,005492
8	573,5	573,5	0,574627	0,074539	42,74789	328902,3	0,005556
9	617,5	617,5	0,649254	0,074874	46,23449	381306,3	0,005606
10	639,5	639,5	0,723881	0,075142	48,05318	408960,3	0,005646
11	705,5	705,5	0,798507	0,075361	53,16735	497730,3	0,005679
12	749,5	749,5	0,873134	0,075544	56,62033	561750,3	0,005707
13	771,5	771,5	0,947761	0,075699	58,40172	595212,3	0,00573
Total	7521,5	7521,5	6,5	0,931773	545,3306	4506795	0,067237

Dari Tabel 4.41 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(ti) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0.052239$$

$$Yi = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0.052239} \right) \right] = 0,053653$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(545,3306) - (7521,5)(0,931773)}{\sqrt{((13)(4506795) - (7521,5)^2)(13(0,067237) - (0,931773^2))}} = 0,743373603$$

d. *Index of Fit* Distribusi *Weibull*

Berikut Tabel 4.42 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi *weibull* untuk selanjutnya mencari nilai r dari pola kerusakan komponen *motor splicer*.

Tabel 4.42

Tabel *Index of Fit* Distribusi *Weibull* Komponen *Motor Splicer*

I	t <sub>i</sub>	xi	F(ti)	yi	xi .yi	xi <sup>2</sup>	yi <sup>2</sup>
1	397,5	5,985	0,052	-2,925	-17,508	35,823	8,557
2	463,5	6,139	0,127	-2,725	-16,729	37,685	7,427
3	485,5	6,185	0,201	-2,666	-16,490	38,256	7,108
4	507,5	6,229	0,276	-2,638	-16,431	38,807	6,957
5	507,5	6,229	0,351	-2,621	-16,327	38,807	6,870
6	529,5	6,272	0,425	-2,610	-16,370	39,337	6,812
7	573,5	6,352	0,500	-2,602	-16,529	40,345	6,772
8	573,5	6,352	0,575	-2,596	-16,492	40,345	6,741
9	617,5	6,426	0,649	-2,592	-16,655	41,289	6,718
10	639,5	6,461	0,724	-2,588	-16,723	41,740	6,700
11	705,5	6,559	0,799	-2,585	-16,958	43,019	6,685



I	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
12	749,5	6,619	0,873	-2,583	-17,098	43,817	6,672
13	771,5	6,648	0,948	-2,581	-17,159	44,200	6,662
<b>Total</b>	<b>7521,5</b>	<b>82,457</b>	<b>6,5</b>	<b>-34,314</b>	<b>-217,470</b>	<b>523,470</b>	<b>90,68</b>

Dari Tabel 4.42 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{13+0.4} = 0.052239$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0.052239} \right) \right] = 0,053653$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(-217,470) - ((82,457)(-34,314))}{\sqrt{((13)(523,470) - (82,457)^2)(13(90,680) - (-34,314)^2)}} = 0,782362623$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *motor splicer* dapat diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

$$\text{Index of Fit Normal} = 0,981050498$$

$$\text{Index of Fit Lognormal} = 0,984566627$$

$$\text{Index of Fit Eksponensial} = 0,782362623$$

$$\text{Index of Fit Weibull} = 0,757031488$$

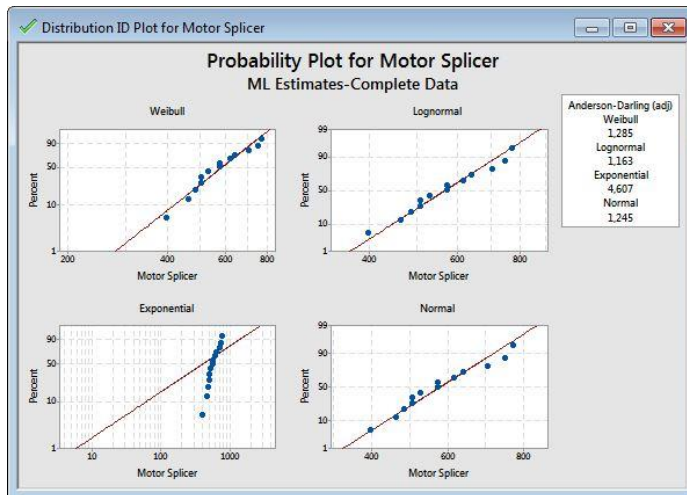
Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi lognormal yaitu sebesar 0,984566627.

## 2. Perhitungan dengan Menggunakan Minitab 17.

Berikut contoh perhitungan *index of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller motor splicer*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada. Langkah dalam perhitungan *index of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok *Cutter Creaser* – poin 2. *Output* perhitungan menggunakan Minitab 17 seperti pada Gambar 4.25.

*Goodness-of-Fit*

<i>Anderson-Darling</i>	
<i>Distribution</i> (adj)	
<i>Weibull</i>	1,285
<i>Lognormal</i>	1,163
<i>Exponential</i>	4,607
<i>Normal</i>	1,245



Gambar 4.25 Output pengolahan data dengan 17 Motor Splicer

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 17 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* yang terkecil maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi *lognormal* yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen *roller conveyor* dengan nilai *Anderson Darling* sebesar 1.163.

Berikut merupakan Tabel 4.43 perbandingan pemilihan distribusi antara nilai yang diperoleh secara hitungan manual maupun nilai yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan Minitab 17.

Tabel 4.43

Tabel Perbandingan *Index of Fit* Manual dan *Index of Fit* dengan Minitab 17

No	Distribusi	R	Anderson Darling
1	Normal	0,981050498	1.245
2	Lognormal	0,984566627	1.163
3	Ekspensial	0,743373603	4.607
4	Weibull	0,782362623	1.285

Dari Tabel 4.43 dapat diketahui terdapat perbedaan antara hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17. Hasil perhitungan manual menunjukkan hasil *r* lognormal dengan nilai terbesar dibandingkan distribusi lainnya yang artinya distribusi lognormal terpilih sebagai dugaan pola distribusi kerusakan komponen *infeed roller*. Sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17 menunjukkan bahwa nilai *Anderson Darling* terkecil berpola lognormal.

Dari hasil interpretasi perhitungan *index of fit* data kerusakan komponen menunjukkan bahwa data berdistribusi lognormal, tetapi untuk menyesuaikan dengan teori bahwa data kerusakan mesin berdistribusi *weibull* maka dilakukan uji *goodness of fit* data dengan distribusi *weibull*.

#### 4.4.1.5.3 Goodness of Fit Komponen Mesin Blok Web Splicer

Distribusi yang diuji pada uji statistik *goodness of fit* komponen *motor splicer* adalah distribusi *weibull*. Uji statistik yang digunakan pada *goodness of fit* untuk distribusi *weibull* adalah *Mann-whitney test*. *Goodness of fit* pada penelitian kali ini menggunakan *software Ms.Excel* untuk perhitungan manual dan menggunakan *software minitab 17*. Berikut Tabel 4.44 perhitungan manual *goodness of fit* komponen *motor splicer*.

##### 1. Perhitungan Manual

$H_0$  = Komponen *motor splicer* berdistribusi *weibull*

$H_1$  = Komponen *motor splicer* tidak berdistribusi *weibull*

Tabel 4.44

Tabel *Goodness of Fit* Komponen *Motor Splicer*

i	$t_i$	$\ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i+1} - \ln t_i$	$(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M$
1	398	5,985	-5,835	1,102	0,154	0,139
2	464	6,139	-4,733	0,514	0,046	0,090
3	486	6,185	-4,219	0,339	0,044	0,131
4	508	6,229	-3,880	0,254	0,000	0,000
5	508	6,229	-3,626	0,204	0,042	0,208
6	530	6,272	-3,422	0,170	0,080	0,469
7	574	6,352	-3,252	0,146	0,000	0,000
8	574	6,352	-3,106	0,128	0,074	0,577
9	618	6,426	-2,978	0,114	0,035	0,306
10	640	6,461	-2,863	0,103	0,098	0,952
11	706	6,559	-2,760	0,094	0,060	0,643
12	750	6,619	-2,666	0,086	0,029	0,335
13	772	6,648	-2,580			

$$k1 = \frac{13}{2} = 6.5; \quad k2 = \frac{13 - 1}{2} = 6$$

$$Z_i = \ln[-\ln(1 - \frac{i + 0.5}{n + 0.25})] = -5,835$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = -4.733 - (-5.835) = 1,102$$

Uji statistiknya adalah sebagai berikut.

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k2 \sum_{i=1}^{k1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} = \frac{7.5 \sum_{i=8}^{13} [0,577 + \dots + 0,335]}{7 \sum_{i=1}^7 [0,139 + \dots + 0]} = 1,08333333$$

Dari hasil perhitungan *goodness of fit* didapat nilai *Mann* yaitu sebesar 1,0833333. Sedangkan  $F_{(0,05;13;12)} = 2,660$ .  $H_0$  diterima apabila nilai  $M < M_{Cric}$  pada tabel F. Sehingga pada perhitungan ini  $H_0$  diterima.

##### 2. Perhitungan menggunakan Minitab 17

Berikut contoh perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *motor splicer*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada.

Langkah dalam perhitungan *goodness of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.3 *Goodness of Fit* Komponen Mesin *Blok Cutter Creaser* – poin 2.

Berikut merupakan *output* perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17.

*Goodness of Fit Test*

Distribution AD P  
 Normal 0,254 0,672  
 Exponential 3,975 <0,003  
 Weibull 0,341 >0,250  
 Lognormal 0,178 0,898

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 17 distribusi *weibull* mempunyai nilai AD 0.341 dan *P-Value* > 0.05 (0.250>0.05). Hasil perhitungan dengan Minitab 17 menunjukkan bahwa distribusi pola kerusakan *motor splicer* berdistribusi *weibull*.

Berikut merupakan Tabel 4.45 merupakan tabel perbandingan perhitungan *goodness of fit* manual dan Minitab 17.

Tabel 4.45

Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan Minitab 17.

Perhitungan	Hasil	Kesimpulan
Perhitungan manual dengan menggunakan Ms.Excel	$M < M_{\text{Crit}}; 1,0833333 < 2,660;$ $H_0$ Diterima	Data kerusakan <i>motor splicer</i> berdistribusi <i>weibull</i>
Perhitungan dengan menggunakan <i>software</i> Minitab 17	Nilai AD = 0.341 <i>P-Value</i> > 0.250 <i>P-Value</i> > 0.05	Data kerusakan <i>motor splicer</i> berdistribusi <i>weibull</i>

Hasil perbandingan pada Tabel 4.45 antara perhitungan uji *goodness of fit* manual dan *software* Minitab 17 menunjukkan tidak ada perbedaan kesimpulan. Keduanya menunjukkan bahwa data kerusakan komponen *motor splicer* berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.5.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin Blok Web Splicer

Setelah melakukan uji distribusi terhadap komponen *motor splicer*, langkah selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Perhitungan parameter distribusi kali ini menggunakan *software* Minitab 17. Langkah-langkah untuk mencari parameter distribusi sama dengan mencari *goodness of fit* pada Minitab 17. Berikut merupakan parameter yang diperoleh.

*ML Estimates of Distribution Parameters*

Distribution Location Shape Scale Threshold  
 Normal\* 578,57692 113,66212  
 Exponential 578,57692

Weibull 5,72707 624,59702  
Lognormal\* 6,34282 0,19633

Dari *output* Minitab 17 dapat diketahui parameter *shape* = 5,72707 dan *scale* = 624,59702 yang digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen *motor splicer*.

#### 4.4.1.6 Pola Distribusi Kerusakan Blok *Festoon Unit*

Perhitungan pola distribusi komponen blok *festoon unit* dihitung dengan cara mencari waktu antar kerusakan (*time to failure*), pendugaan distribusi kerusakan komponen (*Index of Fit*), uji kecocokan data kerusakan (*goodness of fit*), dan penentuan parameter distribusi.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan pola kerusakan komponen blok *festoon unit*.

##### 4.4.1.6.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin *Festoon Unit*

Berikut Tabel 4.46 merupakan contoh perhitungan *time to failure* komponen *roller* pada blok *festoon unit*.

Tabel 4.46

Tabel *Time to Failure* Komponen *Roller*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	Januari	18 Januari 2016	04.05	04.35	0	0
2	Februari	23 Februari 2016	09.15	09.45	47580	793
3	Maret	15 Maret 2016	07.20	07.50	27780	463
4	April	29 April 2016	08.50	09.20	59460	991
5	Mei	11 Mei 2016	02.15	02.45	15900	265
6	Juni	08 Juni 2016	18.15	18.45	37020	617
7	Juli	13 Juli 2016	16.20	16.50	46260	771
8	Agustus	15 Agustus 2016	02.50	03.20	43620	727
9	September	06 September 2016	04.05	04.35	29100	485
10		30 September 2016	13.20	13.50	31740	529
11	Oktober	19 Oktober 2016	16.10	16.40	25140	419
12	November	03 November 2016	18.15	18.45	19860	331
13		25 November 2016	13.55	14.25	29100	485
14	Desember	13 Desember 2016	02.30	03.00	23820	397
15		30 Desember 2016	04.25	04.55	22500	375

Contoh perhitungan TTF tanggal 18 Januari 2016 sampai 23 Februari 2016:

*Time to repair* pada tanggal 23 Februari 2016:

23 Februari 2016 pukul 09.15 – 09.45 = 30 menit

*Time between failure*:

18 Januari 2016 sampai 23 Februari 2016 = 32 x 22 jam x 60 menit = 47520 menit

*Time to repair* tanggal 18 Januari 2016

Pukul 04.05 – 04.35 = 30 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 47580 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 793 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 15 yaitu pada tanggal 27 Desember dengan *time to failure* sebesar 375 jam. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran penelitian ini.

#### 4.4.1.6.2 *Index of Fit* Pola Distribusi Kerusakan *Festoon Unit*

Pendugaan pola distribusi kerusakan komponen mesin pada blok *festoon unit* dapat dilakukan dengan mencari nilai  $r$  pada hasil perhitungan *index of fit* untuk setiap distribusi yang diuji pada penelitian ini. Pengujian *index of fit* dapat dilakukan secara manual dan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 17.

##### 1. Perhitungan Manual

Perhitungan manual *index of fit* komponen mesin blok *festoon unit* pada penelitian ini menggunakan *Ms.Excel*. Berikut merupakan contoh perhitungan komponen *roller*.

##### a. *Index of Fit* Distribusi Normal

Berikut Tabel 4.47 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi normal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *roller*.

Tabel 4.47

Tabel *Index of Fit* Distribusi Normal Komponen *Roller*

i	$t_i$	$x_i$	$F(t_i)$	$z_i$	$x_i \cdot z_i$	$x_i^2$	$z_i^2$
1	265	265	0,048611	-1,65543	-438,69	70225	2,740455
2	331	331	0,118056	-1,18472	-392,143	109561	1,403567
3	375	375	0,1875	-0,88704	-332,639	140625	0,786835
4	397	397	0,256944	-0,65267	-259,111	157609	0,425983
5	419	419	0,326389	-0,45003	-188,563	175561	0,202528
6	463	463	0,395833	-0,26412	-122,289	214369	0,069761
7	485	485	0,465278	-0,01276	-6,18774	235225	0,000163
8	485	485	0,534722	0,087056	42,22194	235225	0,007579
9	529	529	0,604167	0,264123	139,721	279841	0,069761
10	617	617	0,673611	0,450031	277,669	380689	0,202528
11	727	727	0,743056	0,652674	474,4937	528529	0,425983
12	771	771	0,8125	0,887037	683,9056	594441	0,786835
13	793	793	0,881944	1,184722	939,4847	628849	1,403567
14	991	991	0,951389	1,668889	1653,869	982081	2,78519
<b>Total</b>	<b>7648</b>	<b>7648</b>	<b>7</b>	<b>0,087754</b>	<b>2471,742</b>	<b>4732830</b>	<b>11,31073</b>

Dari Tabel 4.47 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{14+0.4} = 0,048611$$

$z_i$  didapat dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(14)(2471,742) - (7648)(0,087754)}{\sqrt{((14)(4732830) - (7648)^2)((14)(11,31073 - (0,087754)^2))}} = 0,9676$$

b. *Index of Fit* Distribusi Lognormal

Berikut Tabel 4.48 merupakan perhitungan *index of fit* distribusi lognormal untuk selanjutnya mencari nilai  $r$  dari pola kerusakan komponen *roller*.

Tabel 4.48

Tabel *Index of Fit* Distribusi Lognormal Komponen *Roller*

i	$t_i$	$x_i$	$F(t_i)$	$z_i$	$x_i \cdot z_i$	$x_i^2$	$z_i^2$
1	265	5,57973	0,048611	-1,65543	-9,23686	31,13338	2,740455
2	331	5,802118	0,118056	-1,18472	-6,8739	33,66458	1,403567
3	375	5,926926	0,1875	-0,88704	-5,2574	35,12845	0,786835
4	397	5,983936	0,256944	-0,65267	-3,90556	35,80749	0,425983
5	419	6,037871	0,326389	-0,45003	-2,71723	36,45589	0,202528
6	463	6,137727	0,395833	-0,26412	-1,62111	37,67169	0,069761
7	485	6,184149	0,465278	-0,01276	-0,0789	38,2437	0,000163
8	485	6,184149	0,534722	0,087056	0,538365	38,2437	0,007579
9	529	6,270988	0,604167	0,264123	1,656311	39,3253	0,069761
10	617	6,424869	0,673611	0,450031	2,891389	41,27894	0,202528
11	727	6,588926	0,743056	0,652674	4,300418	43,41395	0,425983
12	771	6,647688	0,8125	0,887037	5,896746	44,19176	0,786835
13	793	6,675823	0,881944	1,184722	7,908996	44,56662	1,403567
14	991	6,898715	0,951389	1,668889	11,51319	47,59226	2,78519
<b>Total</b>	<b>7648</b>	<b>87,3436</b>	<b>7</b>	<b>0,087754</b>	<b>5,01445</b>	<b>546,7177</b>	<b>11,31073</b>

Dari Tabel 4.48 adalah contoh perhitungan untuk  $i=1$ .

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} = \frac{1 - 0.3}{14 + 0.4} = 0,048611$$

$z_i$  didapat dari tabel  $z$  (normal) dengan melakukan interpolasi dari nilai  $F(t_i)$  yang dapat dilihat pada lampiran 4.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$= \frac{(14)(2,3096) - (87,34362)(0,087754)}{\sqrt{((14)(546,7177) - (87,34362)^2)((14)(11,31073) - (0,087754)^2)}} = 0,9912$$

c. *Index of Fit* Distribusi Exponensial

Berikut Tabel 4.49 perhitungan *index of fit* distribusi exponensial untuk selanjutnya mencari nilai r dari pola kerusakan komponen *roller*.

Tabel 4.49

Tabel *Index of Fit* Distribusi Exponensial Komponen *Roller*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	265	265	0,048611	0,049832	13,20558	70225	0,002483
2	331	331	0,118056	0,060842	20,13859	109561	0,003702
3	375	375	0,1875	0,064539	24,20195	140625	0,004165
4	397	397	0,256944	0,066392	26,35766	157609	0,004408
5	419	419	0,326389	0,067506	28,28496	175561	0,004557
6	463	463	0,395833	0,068249	31,59933	214369	0,004658
7	485	485	0,465278	0,06878	33,35845	235225	0,004731
8	485	485	0,534722	0,069179	33,55177	235225	0,004786
9	529	529	0,604167	0,069489	36,75969	279841	0,004829
10	617	617	0,673611	0,069737	43,02785	380689	0,004863
11	727	727	0,743056	0,06994	50,84659	528529	0,004892
12	771	771	0,8125	0,07011	54,05448	594441	0,004915
13	793	793	0,881944	0,070253	55,71049	628849	0,004935
14	991	991	0,951389	0,070376	69,74225	982081	0,004953
<b>Total</b>	<b>7648</b>	<b>7648</b>	<b>7</b>	<b>0,935223</b>	<b>520,8396</b>	<b>4732830</b>	<b>0,062877</b>

Dari Tabel 4.49 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{14+0.4} = 0,048611$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0,048611} \right) \right] = 0,049832$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{(13)(520,8396) - (7648)(0,935223)}{\sqrt{((14)(4732830) - (7648)^2)((14)(0,062877) - (0,931773)^2)}} = 0,6654$$

d. *Index of Fit* Distribusi Weibull

Berikut merupakan Tabel 4.50 perhitungan *index of fit* distribusi *weibull* untuk selanjutnya mencari nilai r dari pola kerusakan komponen *roller*:



Tabel 4.50

Tabel Index of Fit Distribusi *Weibull* Komponen *Roller*

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	265	5,5797	0,0486	-2,9991	-16,7341	31,1334	8,9945
2	331	5,8021	0,1181	-2,7995	-16,2429	33,6646	7,8371
3	375	5,9269	0,1875	-2,7405	-16,2427	35,1285	7,5103
4	397	5,9839	0,2569	-2,7122	-16,2295	35,8075	7,3559
5	419	6,0379	0,3264	-2,6955	-16,2753	36,4559	7,2659
6	463	6,1377	0,3958	-2,6846	-16,4773	37,6717	7,2070
7	485	6,1841	0,4653	-2,6768	-16,5540	38,2437	7,1655
8	485	6,1841	0,5347	-2,6711	-16,5182	38,2437	7,1346
9	529	6,2710	0,6042	-2,6666	-16,7221	39,3253	7,1107
10	617	6,4249	0,6736	-2,6630	-17,1096	41,2789	7,0917
11	727	6,5889	0,7431	-2,6601	-17,5273	43,4140	7,0762
12	771	6,6477	0,8125	-2,6577	-17,6675	44,1918	7,0633
13	793	6,6758	0,8819	-2,6557	-17,7287	44,5666	7,0525
14	991	6,8987	0,9514	-2,6539	-18,3086	47,5923	7,0432
<b>Total</b>	<b>7648,000</b>	<b>87,344</b>	<b>7</b>	<b>-37,936</b>	<b>-236,338</b>	<b>546,718</b>	<b>102,908</b>

Dari Tabel 4.50 dapat diketahui nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan *index of fit*. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk i=1.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(ti) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{14+0.4} = 0,0486$$

$$Y_i = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0,0486} \right) \right] = -2,9991$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}}$$

$$= \frac{(14)(-236,338) - ((87,344) - (-37,936))}{\sqrt{((14)(546,718) - (87,344)^2)(14(102,908) - (-37,936)^2)}} = 0,7602$$

Berdasarkan perhitungan *index of fit* pada komponen *motor splicer* dapat diketahui bahwa *index of fit* masing-masing distribusi antara lain:

$$\text{Index of Fit Normal} = 0,9676$$

$$\text{Index of Fit Lognormal} = 0,9912$$

$$\text{Index of Fit Eksponensial} = 0,6654$$

$$\text{Index of Fit Weibull} = 0,7602$$

Sehingga dapat diketahui bahwa *index of fit* terbesar dimiliki oleh distribusi lognormal yaitu sebesar 0.9912.

## 2. Perhitungan dengan Menggunakan Minitab 17

Berikut contoh perhitungan *index of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller motor splicer*, untuk komponen lainnya dapat dilihat

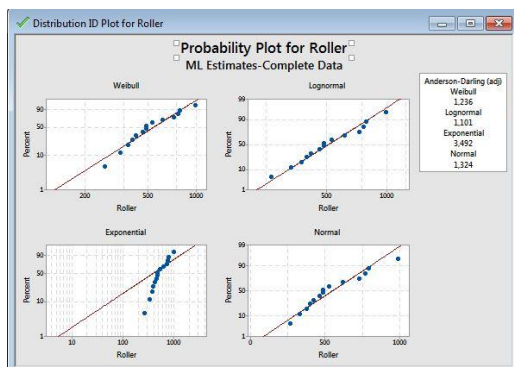
pada. Langkah dalam perhitungan *index of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser – poin 2.

*Output* perhitungan menggunakan Minitab 17 seperti pada Gambar 4.25

#### Goodness-of-Fit

##### Anderson-Darling

Distribution	(adj)
Weibull	1,236
Lognormal	1,101
Exponential	3,492
Normal	1,324



Gambar 4.26 *Output* pengolahan data dengan Minitab 17 Roller

Berdasarkan *output* yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan Minitab 17 dapat dilihat nilai *Anderson Darling* yang terkecil maka distribusi tersebut yang terpilih. Maka distribusi *lognormal* yang terpilih menjadi distribusi kerusakan komponen *roller conveyor* dengan nilai *Anderson Darling* sebesar 1.101.

Berikut merupakan Tabel 4.51 perbandingan pemilihan distribusi antara nilai yang diperoleh secara hitungan manual maupun nilai yang diperoleh melalui perhitungan menggunakan Minitab 17.

Tabel 4.51

Tabel Perbandingan *Index of Fit* Manual dan *Index of Fit* dengan Minitab 17

No	Distribusi	R	Anderson Darling
1	Normal	0,9676	1,324
2	Lognormal	0,9912	1,101
3	Ekspensial	0,6654	3,492
4	Weibull	0,7602	1,236

Dari Tabel 4.51 dapat diketahui terdapat perbedaan antara hasil perhitungan manual dan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17. Hasil perhitungan manual menunjukkan hasil *r* lognormal dengan nilai terbesar dibandingkan distribusi lainnya yang artinya distribusi lognormal terpilih sebagai dugaan pola distribusi kerusakan komponen *infeed roller*. Sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan Minitab 17 menunjukkan bahwa nilai *Anderson Darling* terkecil berpola lognormal.

Dari hasil interpretasi perhitungan *index of fit* data kerusakan komponen menunjukkan bahwa data berdistribusi lognormal, tetapi untuk menyesuaikan dengan teori bahwa data kerusakan mesin berdistribusi *weibull* maka dilakukan uji *goodness of fit* data dengan distribusi *weibull*.

#### 4.4.1.6.3 Goodness of Fit Pola Distribusi Kerusakan Festoon Unit

Distribusi yang diuji pada uji statistik *goodness of fit* komponen *motor splicer* adalah distribusi *weibull*. Uji statistik yang digunakan pada *goodness of fit* untuk distribusi *weibull* adalah *Mann-whitney test*. *Goodness of fit* pada penelitian kali ini menggunakan *software Ms.Excel* untuk perhitungan manual dan menggunakan *software Minitab 17*. Berikut Tabel 4.52 perhitungan manual *goodness of fit* komponen *roller*.

##### 1. Perhitungan Manual

$H_0$  = Komponen *roller* berdistribusi *weibull*

$H_1$  = Komponen *roller* tidak berdistribusi *weibull*

Tabel 4.52

Tabel *Goodness of Fit* Komponen *Roller*

i	$t_i$	$\ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i+1} - \ln t_i$	$(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M$
1	265	5,580	-5,835	1,102	0,222	0,202
2	331	5,802	-4,733	0,514	0,125	0,243
3	375	5,927	-4,219	0,339	0,057	0,168
4	397	5,984	-3,880	0,254	0,054	0,212
5	419	6,038	-3,626	0,204	0,100	0,490
6	463	6,138	-3,422	0,170	0,046	0,273
7	485	6,184	-3,252	0,146	0,000	0,000
8	485	6,184	-3,106	0,128	0,087	0,677
9	529	6,271	-2,978	0,114	0,154	1,347
10	617	6,425	-2,863	0,103	0,164	1,590
11	727	6,589	-2,760	0,094	0,059	0,625
12	771	6,648	-2,666	0,086	0,028	0,325
13	793	6,676	-2,580	2,580	0,223	0,086
14	991	6,899				

$$k1 = \frac{14}{2} = 7; \quad k2 = \frac{14 - 1}{2} = 6.5$$

$$Z_i = \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{i + 0.5}{n + 0.25}\right)\right] = -5,835$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = -4.733 - (-5.835) = 1,102$$

Uji statistiknya adalah sebagai berikut.

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k2 \sum_{i=1}^{k1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} = \frac{7 \sum_{i=8}^{14} [0,677 + \dots + 0,086]}{6.5 \sum_{i=1}^7 [0,202 + \dots + 0]} = 1,166666667$$

Dari hasil perhitungan *goodness of fit* pada Tabel 4.52 didapat nilai *Mann* yaitu sebesar 1,166666667. Sedangkan  $F_{(0,05;14;13)} = 2,554$ .  $H_0$  diterima apabila nilai  $M < M_{\text{Cric}}$  pada tabel F. Sehingga pada perhitungan ini  $H_0$  diterima.

## 2. Perhitungan menggunakan Minitab 17

Berikut contoh perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada Langkah dalam perhitungan *goodness of fit* dapat dilihat pada 4.4.1.1.3 *Goodness of Fit* Komponen Mesin *Blok Cutter Creaser* – poin 2.

Berikut merupakan *output* perhitungan *goodness of fit* menggunakan Minitab 17.

### *Goodness of Fit Test*

*Distribution* AD P  
 Normal 0,408 0,300  
 Exponential 2,746 < 0,003  
 Weibull 0,357 > 0,250  
 Lognormal 0,181 0,895

Berdasarkan *output* perhitungan menggunakan *software* Minitab 17 distribusi *weibull* mempunyai nilai AD 0.357 dan *P-Value* > 0.05 (0.250>0.05). Hasil perhitungan dengan Minitab 17 menunjukkan bahwa distribusi pola kerusakan *roller* berdistribusi *weibull*.

Berikut merupakan Tabel 4.53 perbandingan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan Minitab 17

Tabel 4.53

Tabel Perbandingan Perhitungan Manual dengan Perhitungan Minitab 17

Perhitungan	Hasil	Kesimpulan
Perhitungan manual dengan menggunakan Ms.Excel	$M < M_{\text{Cric}}$ ; 1,16666667 < 2,554; $H_0$ Diterima	Data kerusakan <i>roller</i> berdistribusi <i>weibull</i>
Perhitungan dengan menggunakan <i>software</i> Minitab 17	Nilai AD = 0.357 P-Value > 0.250 P-Value > 0.05	Data kerusakan <i>roller</i> berdistribusi <i>weibull</i>

Hasil perbandingan antara perhitungan uji *goodness of fit* manual dan *software* minitab 17 pada Tabel 4.53 menunjukkan tidak ada perbedaan kesimpulan. Keduanya menunjukkan bahwa data kerusakan komponen *roller* berdistribusi *weibull*.

#### 4.4.1.6.4 Parameter Distribusi Komponen Mesin *Festoon Unit*

Setelah melakukan uji distribusi terhadap komponen mesin pada blok *festoon unit*, langkah selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusi. Perhitungan parameter distribusi kali ini menggunakan *software* Minitab 17. Langkah-langkah untuk mencari parameter distribusi sama dengan mencari *goodness of fit* penelitian ini pada minitab 17. Berikut merupakan parameter yang diperoleh untuk komponen *roller*.

##### *ML Estimates of Distribution Parameters*

##### *Distribution Location Shape Scale Threshold*

Normal\* 546,28571 206,59080

Exponential 546,28568

Weibull 2,93465 613,57191

Lognormal\* 6,23883 0,37167

Dari *output* Minitab 17 dapat diketahui parameter *shape* = 2.93465 dan *scale* = 613.57191 yang digunakan dalam perhitungan nilai keandalan komponen *roller*.

#### 4.4.1.7 Pola Distribusi Kerusakan Blok *Unwinder*

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan komponen mesin blok *unwinder*. Pada penelitian kali ini pendugaan pola distribusi kerusakan komponen mesin blok *unwinder* tidak dilakukan. Probabilitas terjadinya kerusakan dilakukan perhitungan dengan melakukan pendekatan.

##### 4.4.1.7.1 Perhitungan *Time to Failure* Komponen Mesin Blok *Unwinder*

Pada penelitian kali ini blok *unwinder* merupakan blok dengan kerusakan komponen mesin yang frekuensinya relatif lebih kecil dibanding dengan blok mesin lainnya. Berikut merupakan Tabel 4.54 contoh perhitungan komponen *motor turner*.

Tabel 4.54

Tabel *Time To Failure* Komponen *Motor Turner*

No	Bulan	Tanggal	Waktu Mulai Perbaikan	Waktu Selesai Perbaikan	TTF (menit)	TTF (jam)
1	Januari	05 Januari 2016	8.15	9.15	0	0
2	April	27 April 2016	14.40	15.40	149270	2487,833
3	Mei	03 Mei 2016	12.30	13.30	8030	133,833
4	September	01 September 2016	9.55	10.55	159830	2663,833
5	Desember	07 Desember 2016	16.45	17.45	128150	2135,833

Contoh perhitungan TTF tanggal 5 Januari 2016 sampai 27 April 2016:

*Time to repair* pada tanggal 27 April 2016

pukul 14.40 – 15.40

= 60 menit

*Time between failure:*

13 Januari 2016 sampai 23 Maret 2016 = 70 x 22 jam x 60 menit = 149150 menit

*Time to repair* tanggal 5 Januari 2016

Pukul 8.15 – 9.15 = 60 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam menit = 149270 menit

Total *Time to failure* (TTF) dalam jam = 2487,833 jam

Langkah-langkah perhitungan dilakukan hingga hari ke 5 yaitu pada tanggal 7 Desember 2016 dengan *time to failure* sebesar 20135,83 jam. Perhitungan *time to failure* komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 1 penelitian ini.

#### 4.4.2 MTTF (*Mean Time To Failure*) Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C

Perhitungan nilai MTTF digunakan sebagai basis informasi dalam rentang waktu kegagalan kerja mesin dan penentuan interval perawatan atau penggantian komponen pada mesin Bobst Lemanic 1150-C. Hasil perhitungan MTTF untuk komponen selain komponen kritis dapat dilihat pada lampiran 2.

##### 4.4.2.1 MTTF Blok *Cutter Creaser*

Berikut contoh perhitungan *mean time to failure* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *outfeed roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 2. Langkah dalam perhitungan *mean time to failure* sama dengan langkah untuk mencari *index of fit* yang dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok – poin 2.

Berikut merupakan *output* dalam mencari MTTF dengan Minitab 17.

*Table of MTTF*

*Standard 95% Normal CI*

<i>Distribution</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
Weibull	443,188	46,545	360,738	544,482
Lognormal	474,235	79,183	341,876	657,837
Exponential	446,510	108,295	277,578	718,253
Normal	446,510	45,846	356,652	536,367

Dari *output* Minitab 17 diatas dapat dilihat MTTF *outfeed roller* yang berdistribusi *weibull* sebesar 443,188 jam. Keterangan berikutnya dengan *Error* 46,545 , *Lower* 360,0738 dan *Upper* 544,482.

#### 4.4.2.2 MTTF Blok *Printing Unit*

Dalam penelitian ini blok *printing unit* tidak melalui pendugaan distribusi sehingga perhitungan *mean time to failure* menggunakan perhitungan rata-rata data tunggal. Perhitungan ini digunakan karena data kerusakan tidak terdistribusi. Perhitungan komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 2. Berikut Tabel 4.55 merupakan perhitungan komponen *guide roll cooler*.

Tabel 4.55

Tabel Waktu Rata-rata Kerusakan Komponen *Guide Roll Cooler*

xi	Mean
485,833	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 1226,5$
1519,833	
1673,833	

Dari Tabel 4.55 hasil perhitungan rata-rata data kerusakan *guide roll cooler* pada blok *printing unit* sebesar 1226,5 jam.

#### 4.4.2.3 MTTF Blok *Infeed Printing*

Berikut contoh perhitungan *mean time to failure* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *infeed roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran. Langkah dalam perhitungan *mean time to failure* sama dengan langkah untuk mencari *index of fit* yang dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok *Cutter Creaser* – poin 2.

Berikut merupakan *output* dalam mencari MTTF dengan Minitab 17.

Table of MTTF

Standard 95% Normal CI

Distribution	Mean	Error	Lower	Upper
Weibull	479,642	57,213	379,650	605,969
Lognormal	490,753	76,113	362,115	665,088
Exponential	479,467	123,798	289,054	795,312
Normal	479,467	57,461	366,844	592,089

Dari *output* Minitab 17 diatas dapat dilihat MTTF *infeed roller* yang berdistribusi *weibull* sebesar 479,642 jam. Keterangan berikutnya dengan *Error* 57,213, *Lower* 379, 650 dan *Upper* 605,969.

#### 4.4.2.4 MTTF Blok *Delivery Unit*

Berikut contoh perhitungan *mean time to failure* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller conveyor*, untuk komponen lainnya dapat dilihat

pada lampiran 2. Langkah dalam perhitungan *mean time to failure* sama dengan langkah untuk mencari *index of fit* yang dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser – poin 2.

Berikut merupakan *output* dalam mencari MTTF dengan Minitab 17.

*Table of MTTF*

*Standard 95% Normal CI*

<i>Distribution</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Weibull</i>	580,119	59,137	475,057	708,416
<i>Lognormal</i>	578,189	60,252	471,376	709,204
<i>Exponential</i>	578,077	160,330	335,664	995,558
<i>Normal</i>	578,077	58,484	463,450	692,704

Dari *output* Minitab 17 diatas dapat dilihat MTTF *infeed roller* yang berdistribusi *weibull* sebesar 580,119 jam. Keterangan berikutnya dengan *Error* 59,137 , *Lower* 475,057 dan *Upper* 708,416.

#### **4.4.2.5 MTTF Blok Web Splicer**

Berikut contoh perhitungan *mean time to failure* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *motor splicer*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran 2. Langkah dalam perhitungan *mean time to failure* sama dengan langkah untuk mencari *index of fit* yang dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser – poin 2.

Berikut merupakan *output* dalam mencari MTTF dengan Minitab 17.

*Table of MTTF*

*Standard 95% Normal CI*

<i>Distribution</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Weibull</i>	577,948	32,599	517,461	645,506
<i>Lognormal</i>	578,598	30,537	521,737	641,655
<i>Exponential</i>	578,577	160,468	335,954	996,419
<i>Normal</i>	578,577	30,287	519,215	637,939

Dari *output* Minitab 17 diatas dapat dilihat MTTF *motor splicer* yang berdistribusi *weibull* sebesar 577,948 jam. Keterangan berikutnya dengan *Error* 32,599, *Lower* 517,461 dan *Upper* 645,506.

#### **4.4.2.6 MTTF Blok Festoon Unit**

Berikut contoh perhitungan *mean time to failure* menggunakan Minitab 17 merupakan contoh perhitungan pada komponen *roller*, untuk komponen lainnya dapat dilihat pada



lampiran 2. Langkah dalam perhitungan *mean time to failure* sama dengan langkah untuk mencari *index of fit* yang dapat dilihat pada 4.4.1.1.2 *Index of Fit* Komponen Mesin Blok Cutter Creaser – poin 2.

Berikut merupakan *output* dalam mencari MTTF dengan Minitab 17.

*Table of MTTF*

<i>Standard 95% Normal CI</i>				
<i>Distribution</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
Weibull	547,387	54,599	450,186	665,574
Lognormal	546,188	53,931	450,085	662,812
Exponential	546,286	146,001	323,539	922,387
Normal	546,286	53,205	442,005	650,566

Dari *output* Minitab 17 diatas dapat dilihat MTTF *roller* yang berdistribusi *weibull* sebesar 547,387 jam. Keterangan berikutnya dengan *Error* 54,599, *Lower* 450,186 dan *Upper* 665,574.

#### 4.4.2.7 MTTF Blok Unwinder

Dalam penelitian ini blok *unwinder* tidak melalui pendugaan distribusi sehingga perhitungan *mean time to failure* menggunakan perhitungan rata-rata data tunggal. Perhitungan ini digunakan karena data kerusakan tidak terdistribusi. Perhitungan komponen lainnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Berikut merupakan Tabel 4.56 perhitungan komponen *motor turner*.

Tabel 4.56

Tabel waktu rata-rata kerusakan komponen *motor turner*

<i>t<sub>i</sub></i>	<i>Mean</i>
133,833	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 1855,333$
2135,833	
2487,833	
2663,833	

Dari Tabel 4.56 hasil perhitungan rata-rata data kerusakan *motor turner* pada blok *unwinder* sebesar 1855,333 jam.

#### 4.4.3 Reliability Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C

Berikut ini merupakan perhitungan keandalan komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C dimana perhitungan keandalan dihitung sesuai dengan distribusi kerusakan. Pada perhitungan ini merupakan perhitungan satu komponen tiap-tiap blok dan hasil perhitungan seluruh komponen dapat dilihat pada Tabel 4.77.

#### 4.4.3.1 Reliability Blok Cutter Creaser

Perhitungan *meantime to failure* untuk komponen mesin blok *cutter creaser* digunakan untuk menghitung keandalan dari komponen tersebut setelah dilakukan perbaikan. Contoh perhitungan *outfeed roller* berdistribusi *weibull*, dalam pencarian nilai keandalan digunakan rumus sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} = 2,718^{-(443,118/499,75726)^{2,44548}} = 47\%$$

Tabel 4.57

Tabel Keandalan Komponen *Outfeed Roller*

Komponen	Distribusi	Parameter Distribusi		MTTF	Keandalan
<i>Outfeed Roller</i>	<i>Weibull</i>	$\beta$	2,44548	443,188	47%
		$\theta$	499,75276		

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui keandalan komponen *outfeed roller* yang sebelumnya bernilai 47% dengan MTTF 443,188 jam.

#### 4.4.3.2 Reliability Blok Printing Unit

Perhitungan keandalan komponen *printing unit* dengan metode pendekatan mencari waktu rata-rata data tunggal pada waktu kerusakan komponen dapat dilakukan dengan langkah berikut. Berikut merupakan contoh perhitungan komponen mesin *guide roll cooler*.  

$$\frac{\text{Jumlah data waktu kerusakan sebelum waktu rata – rata } (nA)}{\text{Jumlah data waktu kerusakan } (nS)}$$

$$\frac{2(nA)}{3(nS)} = 0.67 = 67\%$$

Tabel 4.58

Tabel Keandalan Komponen *Guide Roll Cooler*

ti	Mean (jam)	Keandalan
485,833	1226,5	67%
1519,833		
1673,833		

Dari Tabel 4.68 dapat diketahui keandalan setelah dilakukan perbaikan dengan interval waktu rata-rata perbaikan sebesar 67%.

#### 4.4.3.3 Reliability Blok Infeed Printing

Perhitungan *meantime to failure* untuk komponen mesin blok *infeed printing* digunakan untuk menghitung keandalan dari komponen tersebut setelah dilakukan perbaikan. Contoh perhitungan *infeed roller* berdistribusi *weibull*, dalam pencarian nilai keandalan digunakan rumus sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} = 2,718^{-(479,6420/541,43038)^{2,29179}} = 47\%$$

Tabel 4.59

Tabel Keandalan Komponen *Infeed Roller*

Komponen	Distribusi	Parameter Distribusi		MTTF	Keandalan
<i>Infeed Roller</i>	<i>Weibull</i>	$\beta$	2,29179	479,642	47%
		$\theta$	541,43038		

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui keandalan komponen *infeed roller* yang sebelumnya bernilai 47% dengan MTTF 473,6420 jam.

#### 4.4.3.4 Reliability Blok Delivery Unit

Perhitungan *meantime to failure* untuk komponen mesin blok *delivery unit* digunakan untuk menghitung keandalan dari komponen tersebut setelah dilakukan perbaikan. Contoh perhitungan *roller conveyor* berdistribusi *weibull*, dalam pencarian nilai keandalan digunakan rumus sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} = 2,718^{-(580,1190/649,8)^{2,987}} = 49\%$$

Tabel 4.60

Tabel Keandalan Komponen *Roller Conveyor*

Komponen	Distribusi	Parameter Distribusi		MTTF	Keandalan
<i>Roller Conveyor</i>	<i>Weibull</i>	$\beta$	2,987	580,119	49%
		$\theta$	649,8		

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui keandalan komponen *roller conveyor* yang sebelumnya bernilai 49% dengan MTTF 580,1190 jam.

#### 4.4.3.5 Reliability Blok Web Splicer

Perhitungan *meantime to failure* untuk komponen mesin blok *web splicer* digunakan untuk menghitung keandalan dari komponen tersebut setelah dilakukan perbaikan. Contoh perhitungan *motor splicer* berdistribusi *weibull*, dalam pencarian nilai keandalan digunakan rumus sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} = 2,718^{-(577,9480/624,59702)^{5,72707}} = 53\%$$

Tabel 4.61

Tabel Keandalan Komponen *Motor Splicer*

Komponen	Distribusi	Parameter Distribusi		MTTF	Keandalan
<i>Motor Splicer</i>	<i>Weibull</i>	$\beta$	5,72707	577,948	53%
		$\theta$	624,59702		

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui keandalan komponen *motor spliceer* yang sebelumnya bernilai 53% dengan MTTF 577,9480 jam.

#### 4.4.3.6 Reliability Blok Festoon Unit

Perhitungan *meantime to failure* untuk komponen mesin blok *festoon unit* digunakan untuk menghitung keandalan dari komponen tersebut setelah dilakukan perbaikan. Contoh perhitungan *roller* berdistribusi *weibull*, dalam pencarian nilai keandalan digunakan rumus sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} = 2,718^{-(547,3870/613,57191)^{2,93465}} = 49\%$$

Tabel 4.62

Tabel Keandalan Komponen *Roller*

Komponen	Distribusi	Parameter Distribusi		MTTF	Keandalan
<i>Roller</i>	<i>Weibull</i>	$\beta$	2,93465	547,387	49%
		$\theta$	613,57191		

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui keandalan komponen *roller* yang sebelumnya bernilai 49% dengan MMTF 547,387 jam.

#### 4.4.3.7 Reliability Blok Unwinder

Perhitungan keandalan komponen *unwinder* dengan metode pendekatan mencari waktu rata-rata data tunggal pada waktu kerusakan komponen dapat dilakukan dengan langkah berikut. Berikut merupakan contoh perhitungan komponen mesin *motor turner*.

Keandalan mesin rata-rata waktu kerusakan :

$$\frac{\text{Jumlah data waktu kerusakan sebelum waktu rata - rata } (nA)}{\text{Jumlah data waktu kerusakan } (nS)}$$

$$\frac{3(nA)}{4(nS)} = 0.75 = 75\%$$

Tabel 4.63

Tabel Keandalan Komponen *Motor Turner*

ti	Mean	Keandalan
133,833	1855,333	75%
2135,833		
2487,833		
2663,833		

Dari Tabel 4.63 dapat diketahui keandalan setelah dilakukan perbaikan dengan interval waktu rata-rata perbaikan sebesar 75% dengan MTTF 1885,33 jam.

#### 4.4.4 Analisis dan Pembahasan

Berikut ini merupakan analisis dan pembahasan dari pengolahan data pada penelitian ini. Dimana pada subbab ini dijelaskan mengenai hubungan dari penentuan komponen kritis, penentuan interval perawatan dan nilai keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C.

#### 4.4.4.1 Analisis Kerusakan Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C

Pada penelitian ini *time to failure* dari tiap-tiap komponen dapat dilihat pada lampiran 1 penelitian ini. Kerusakan komponen pada mesin Bobst Lemanic 1150-C sangat bervariasi antara frekuensi kerusakan dan juga waktu perbaikan. Menurut (Dhillon, 2002 : 168) dan (Ebell, 1997 : 31-32), hubungan antara tingkat kerusakan terhadap waktu terbagi dalam 3 fase, yaitu *burn-in period*, *useful life period*, dan *wear-out period*. Hasil dari penelitian keandalan pada mesin Bobst Lemanic 1150-C digunakan pada fase *useful life periode*. Penjelasan mengenai *useful life periode* dapat dilihat pada *bathup model* seperti yang sudah dijelaskan di subbab **2.7 Pola dasar Laju Kerusakan**.

Pada mesin Bobst Lemanic 1150-C ada beberapa komponen mesin yang memiliki perbedaan waktu *time to failure* yang signifikan. Komponen *motor turner* terdapat 1 data waktu yang memiliki waktu kerusakan komponen sangat singkat yaitu 133,83 jam pada bulan Mei dibandingkan dengan data waktu kerusakan komponen yang lain karena baut penyambung di lengan motor yang menyambungkan pada *shaft* dan *tension break* ada yang rusak, ini dikarenakan pemasangan pada perawatan sebelumnya yang tidak presisi, motor turner tidak bisa menggerakkan lengan motor untuk merubah posisi gulungan yang ada pada *shaft*. Komponen *shaft* memiliki karet-karet didalamnya yang digunakan untuk mendukung pengereman pada laju perputaran as, sehingga jika ada kerusakan pada salah satu karetnya atau beberapa karet menyebabkan pengereman tidak sempurna dan sehingga proses penarikan kertas dari lembaran menjadi tidak stabil. Pada Komponen *shaft* 1 waktu pergantian satu komponen utuh *shaft* dilakukan pada bulan Juni setelah penggunaan selama 3126 jam, dan pada *shaft* 2 pergantian komponen utuh ada dilakukan pada bulan September setelah penggunaan selama 3961,17 jam. Dudukan pisau pada komponen *motor splicer* bisa kendur sehingga letak posisi pisau tidak sesuai atau bahkan bisa bergerak dan berubah karena kecepatan dan gerakan kejut *motor splicer* untuk memotong kertas seperti yang terjadi pada bulan Maret, Juli, dan Desember terlebih jika pemasangan baut pada rumah dudukan dan baut pada sambungan pisau tidak dipasang dengan kuat.. Komponen *traction disc* ada rentang waktu pergantian pada bulan Mei, Agustus, dan Desember memiliki waktu yang cukup besar perbandingannya dibanding waktu yang lain, hal ini disebabkan karena pencatatan waktu pergantian komponen ada yang dicatat pergantian subkomponen didalam *traction disc* ada juga yang dicatat karena pergantian komponen *traction disc* secara utuh. Pergantian dengan waktu yang besar merupakan pergantian komponen *traction disc* dan waktu selain bulan Mei (2288,83 jam), Agustus (1386 jam), dan Desember (1100,83 jam) adalah waktu pergantian subkomponen didalamnya. Komponen *roller* merupakan komponen dengan tingkat kerusakan *bearing* yang bervariasi hal ini karena pihak perusahaan menggunakan *bearing* pada *roller* dengan ukuran yang sama namun spesifikasi yang berbeda-beda semakin sesuai spesifikasi *bearing* dengan komponen *roller* maka semakin panjang usianya tergantung persediaan, terlebih pemberian pelumas untuk *bearing* pada *roller* diberikan jika pergerakan *roller* mulai melambat yang mempengaruhi *supply* kertas ke blok *infeed printing* mengakibatkan kemungkinan terjadinya kerusakan *bearing*

semakin tinggi. Pada komponen *potentio correction* pada bulan Maret terjadi putus pada kancing *chain* sehingga harus dilakukan pergantian dengan waktu yang cepat (46 jam) pada *potentio correction* sedangkan pada bulan Mei sampai November kerja komponen *potentio correction* dilakukan pemaksaan ketika komponen sudah waktunya diganti tapi terus digunakan sampai rusak sehingga pencatatan waktu pergantian sampai pada 3566 jam. Pada komponen *dancing roller 1* pada bulan Maret (1035 jam) dan Agustus (1013 jam) dilakukan pergantian satu komponen utuh *dancing roller 1*, waktu tercepat pergantian ada pada bulan Juli sebesar 23 jam dikarenakan bearing pada komponen *dancing roller 1* tidak dapat menahan pergerakan *dancing roll 1* sehingga menyebabkan kertas terputus dan waktu lainnya hanya ada pergantian karet pelapis yang sudah mengeras sehingga aliran kertas menjadi tidak stabil. Komponen *infeed roller* pernah diganti karena terlihat ada pecahan pada saat *cleaning* pergantian *shift* dan ditakutkan mengakibatkan kertas rusak atau bahkan robek yaitu pada bulan Juli dan Oktober sedangkan pencatatan pergantian satu komponen utuh dilakukan pada bulan Februari, Mei, April, dan Desember. Pada komponen *guide roll cooler* selain terjadi masalah pada *roller* masalah yang pernah terjadi adalah temperatur yang tidak sesuai seperti yang terjadi pada bulan Mei sehingga mesin kembali rusak dalam waktu 485,833 Jam. Pada komponen *dancing roller 2* waktu pergantian pada bulan Juni (2509 jam) adalah waktu terbesar karena pergantian satu komponen utuh dan pada bulan November (177 jam) adalah waktu tercepat pergantian komponen hal ini dikarenakan operator meminta pergantian karet *dancing roller* yang terjadi kerusakan karena ada ketidaksesuaian pada saat instalasi awal sedangkan pada waktu lainnya ada pergantian karet pada *dancing roller 2*. Pada komponen *plate* kerusakan pada bulan Maret dikarenakan rumah padaudukan *plate* goyang sehingga perpotongan pada kertas tidak sesuai cetakan. Pada komponen *outfeed roller* operator melakukan pengecekan karena keluaran kertas dari *cutter creaser* agak sedikit mudur yang dapat mengakibatkan rusaknya warna bungkus rokok karena tertarik oleh *belt conveyor* pada bulan September, selain itu pada bulan Juni dan November ada pergantian *bearing* karena dirasa sudah aus, kerja *bearing* pada komponen ini termasuk yang cukup ringan karena kertas sudah berbentuk potongan. Pergantian satu set *outfeed roller* juga dilakukan pada bulan Februari, Mei, dan Desember. Pada komponen *belt* pada bulan Februari (397 jam) operator meminta untuk pergantian *belt* karena *belt* terlihat bergelombang pada saat perputaran, pada bulan Maret hingga Agustus *belt* diganti karena terputus dan pada bulan September hingga Desember kerusakan pada *belt* diakibatkan oleh efek dari kerusakan *roller conveyor*. Komponen *roller conveyor* pernah dilakukan pergantian dengan pemeriksaan komponen di sekitar *roller conveyor* pada bulan April, Juni, Juli, dan Desember. Sedangkan pada bulan Maret dan November operator meminta pergantian karena ada bunyi tidak seperti biasanya pada *roller conveyor*.

#### 4.4.4.2 Analisis Waktu Perbaikan Komponen Mesin Bobst Lemanic 1150-C

MTTF (*mean time to failure*) adalah rata-rata waktu antar kerusakan komponen. Dimana perhitungan MTTF ini merupakan basis informasi dalam penentuan interval perawatan komponen. Nilai MTTF dari komponen yang ada pada mesin Bobst Lemanic 1150-C dapat dilihat pada Bab IV dan juga lampiran pada penelitian ini. Penentuan nilai MTTF sebagai dasar penentuan interval perawatan bertujuan agar komponen tidak mengalami kerusakan tiba-tiba, karena kerusakan tiba-tiba dapat menghambat jalannya proses produksi.

Selain menjadi basis informasi penentuan perawatan, MTTF juga dapat meningkatkan nilai keandalan pada mesin tersebut. Nilai interval perawatan yang kurang dari nilai MTTF, nilai keandalan dari komponen tinggi. Hal ini disebabkan melakukan perawatan atau penggantian komponen sebelum MTTF memperkecil probabilitas komponen tersebut rusak tiba-tiba. Apabila interval perawatan sama dengan nilai MTTF, maka nilai keandalan komponen mendekati 50%.

Dimana dalam penentuan nilai MTTF dilakukan beberapa tahap, diantaranya penentuan *index of fit* berdasarkan distribusi kerusakan. Menurut (Lewis, 1996) terdapat empat pola distribusi kerusakan, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi eksponensial, dan distribusi *weibull*. Dalam menentukan distribusi kerusakan, diperlukan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) yang terbesar.

Setelah mendapatkan distribusi terpilih untuk masing-masing komponen kemudian dilakukan perhitungan *goodness of fit*. Tujuan dari pengujian ini adalah apakah distribusi terpilih sudah sesuai dengan pola distribusi kerusakan komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C. Terdapat beberapa jenis pengujian dalam tahap penelitian ini antara Uji *Kolmogorov Smirnov* untuk distribusi normal dan lognormal. Uji *Mann* untuk distribusi *weibull*, dan Uji *Bartlett* untuk distribusi eksponensial. Setelah melakukan uji kesesuaian distribusi kemudian menentukan parameter yang sesuai dengan distribusi terpilih. Penentuan parameter ini berfungsi dalam perhitungan MTTF dan nilai keandalan.

Untuk komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C pada penelitian ini semua komponen memiliki pola kerusakan distribusi, kerusakannya berdistribusi *weibull*. Pada penelitian ini penentuan MTTF tidak semuanya menggunakan penentuan pola distribusi kerusakan. Untuk komponen dengan kerusakan dibawah dari 10 kali kerusakan menggunakan pendekatan dengan mencari rata-rata kerusakan data tunggal yang artinya jumlah seluruh waktu kerusakan dibagi jumlah kerusakan komponen.

#### 4.4.4.3 Analisis Keandalan Mesin Bobst Lemanic 1150-C

Berdasarkan *reliability block diagram* mesin Bobst Lemanic 1150-C pada penelitian ini dapat diketahui bahwa mesin bobst lemanic 1150-C PT XYZ di area III bekerja secara seri pada rangkaian tiap bloknya. Blok mesin yang ketika di *breakdown* ke level berikutnya memiliki rangkaian rangkaian sendiri baik berupa paralel, seri, dan kombinasi dimana kerusakan pada 1 komponen dapat mengakibatkan matinya mesin Bobst lemanic 1150-C yang tentu saja menghambat produksi mesin. Kerusakan komponen juga dapat berpengaruh pada komponen lainnya.

Penerapan usulan *preventive maintenance* dilakukan dengan mempertimbangkan waktu keseragaman tiap blok mesin dan juga kesamaan waktu pergantian antar blok mesin agar tidak menghambat produksi karena tingginya frekuensi *maintenance* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C sehingga keandalan mesin dapat meningkat. Selain karena karena menghindari tingginya frekuensi *maintenance* keseragaman waktu juga memperhatikan besarnya mesin yang cukup sulit untuk dilakukan pembongkaran untuk perawatan, oleh karena itu pihak perusahaan menginginkan ketika sedang dilakukan perawatan agar dapat mengecek juga komponen yang lain yang waktu perawatannya mendekati waktu perawatan salah satu komponen seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.64.

Tabel 4.64

Tabel Perkiraan Perbandingan Keandalan Setelah Waktu Perbaikan

Blok	Komponen	MTTF		R Saat ini	Interval Perawatan		R Mesin dengan Interval waktu perbaikan < MTTF	Besarnya Peningkatan Keandalan Komponen
		Jam	Hari		Hari	Jam		
Unwinder	Shaft 1	2796	117	50%	75	1800	100%	50%
	Shaft 2	2619,167	109	50%	75	1800	50%	0%
	Tension Break 1	2356	98	50%	90	2160	100%	50%
	Tension Break 2	3026,167	126	50%	90	2160	100%	50%
	Motor Turner	1855,333	77	75%	75	1800	75%	0%
Web Splicer	Motor Splicer	577,948	24	53%	20	480	80%	27%
	Traction Disc	1063,119	44	43%	40	960	57%	14%
Festoon Unit	Roller	547,387	23	49%	20	480	61%	12%
	Potentio Correction	1806	75	67%	60	1440	67%	0%
Infeed Printing	Infeed Roller	479,642	20	47%	15	360	68%	21%
	Dancing Roller 1	738	31	50%	30	720	50%	0%
Printing Unit	Bak tinta	1056,833	44	60%	40	960	60%	0%
	Compensator	1079,167	45	67%	40	960	100%	33%



Blok	Komponen	MTTF		R Saat ini	Interval Perawatan		R Mesin dengan Interval waktu perbaikan < MTTF	Besarnya Peningkatan Keandalan Komponen
		Jam	Hari		Hari	Jam		
	<i>Guide Roll Cooler</i>	1226,500	51	67%	40	960	67%	0%
	<i>Impression Roll</i>	1433	60	67%	40	960	100%	33%
	<i>Doctor Blade</i>	1959	82	50%	80	1920	50%	0%
	<i>Dryer</i>	2168,833	90	50%	80	1920	50%	0%
	<i>Scanning Head</i>	4599,833	192	100%	150	3600	100%	0%
	<i>Cylinder</i>	-	-	100%	-	-	100%	0%
<i>Cutter Creaser</i>	<i>Out feed Roller</i>	443,188	18	47%	15	360	64%	16%
	<i>Dancing Roller</i>	1365	57	60%	45	1080	80%	20%
	<i>Bed</i>	1086,667	45	67%	45	1080	67%	0%
	<i>Plate</i>	1783,333	74	50%	60	1440	100%	50%
	<i>Break Flywheel</i>	1079,333	45	50%	45	1080	50%	0%
	<i>Flywheel</i>	5369,833	224	100%	200	4800	100%	0%
<i>Delivery Unit</i>	<i>Roller Conveyor</i>	580,119	24	49%	20	480	67%	18%
	<i>Belt Conveyor</i>	822,667	34	44%	20	480	89%	44%
	<i>Delivery Table</i>	-	-	100%	-	-	100%	0%

Dari Tabel 4.64 dapat diketahui jika interval waktu perawatan yang digunakan kurang dari nilai MTTF dengan keseragaman waktu *maintenance*, maka perkiraan nilai keandalan minimal adalah 50% seperti pada komponen *as*, *dancing roller*, *doctor blade*, *dryer* dan *break flywheel*. Angka perkiraan peningkatan keandalan ada yang mencapai 100% karena pencatatan waktu kerusakan komponen yang sedikit sehingga perubahan waktu yang diusulkan dapat lebih cepat dari seluruh waktu kerusakan bukan hanya lebih cepat dari waktu MTTF. Begitupun dengan tidak adanya perkiraan perubahan nilai keandalan karena waktu usulan perbaikan *maintenance* yang diinginkan perusahaan tidak lebih cepat dari waktu kerusakan yang tercatat dengan MTTF komponen. Peningkatan perkiraan nilai keandalan dilakukan dengan penggantian satu komponen utuh dengan pertimbangan juga hanya diganti subkomponen yang menyebabkan komponen rusak memperbesar resiko kerusakan komponen yang tidak diganti pada saat pembongkaran mesin Bobst Lemanic 1150-C.

Berdasarkan nilai keandalan komponen yang sudah didapatkan pada Tabel 4.76 maka dapat dihitung perkiraan keandalan tiap blok dari mesin Bobst Lemanic 1150-C setelah dilakukan usulan *preventive maintenance* dengan melihat konfigurasi rangkaian berdasarkan

blok diagram mesin Bobst Lemanic 1150-C. Berikut merupakan contoh perhitungan konfigurasi seri dan paralel komponen mesin pada blok *festoon unit* dan *infeed printing* :

Contoh perhitungan keandalan konfigurasi rangkaian seri pada blok *infeed printing* :

$$R_{sistem} = R_1(t) \times R_2(t) \dots R_n(t)$$

$$R_{infeed\ roller} = 68\%$$

$$R_{dancing\ roller} = 50\%$$

$$R_{infeed\ printing} = 68\% \times 50\% = 34\%$$

Contoh perhitungan keandalan konfigurasi rangkaian paralel pada blok *unwinder* :

$$R_{sistem} = 1 - ((1 - R_1(t)) \times (1 - R_2(t)) \dots (1 - R_n(t)))$$

$$R_{as\&tensionbreak1} = 25\%$$

$$R_{as\&tensionbreak2} = 25\%$$

$$R_{festoon\ unit} = 1 - ((1 - 25\%) \times (1 - 25\%)) = 50\%$$

Berikut Tabel 4.65 merupakan keandalan rangkaian masing-masing blok mesin Bobst Lemanic 1150-C:

Tabel 4.65  
Tabel Perbandingan Keandalan Tiap Blok

Blok	R Saat Ini	R preventive
<i>Unwinder</i>	32.81%	37.5%
<i>Web Splicer</i>	22.79%	45.6%
<i>Festoon Unit</i>	32.83%	40.87%
<i>Infeed Printing</i>	23.5%	34%
<i>Printing Unit</i>	4.56%	10%
<i>Cutter Creaser</i>	4.72%	21.44%
<i>Delivery Unit</i>	21.56%	59.63%

Berdasarkan Tabel 4.65 maka didapat nilai kenaikan keandalan blok *unwinder* sebesar 4.69%, blok *web splicer* sebesar 22.81%, blok *festoon unit* sebesar 8.04%, blok *infeed printing* sebesar 10,5%, blok *printing unit* sebesar 5,44%, blok *cutter creaser* sebesar 16.72%, dan blok *delivery unit* sebesar 38.67%.

Nilai keandalan juga bergantung pada probabilitas kerusakan, semakin besar probabilitas kerusakan semakin kecil nilai keandalannya, dan sebaliknya. Perhitungan nilai keandalan tidak hanya berdasarkan komponen saja, namun keandalan keseluruhan juga di perhitungkan guna mengetahui berapa nilai keandalan mesin Bobst Lemanic 1150-C saat ini, dan dapat di bandingkan dengan nilai keandalan saat dilakukan *preventive maintenance*.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan peneliti, kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

1. Waktu kerusakan blok *unwinder* sebesar 1855,33 jam hingga 3026,17 jam, waktu kerusakan blok *web splicer* sebesar 577,948 jam hingga 1063,119 jam, waktu kerusakan blok *festoon unit* sebesar 547,387 jam hingga 1806 jam, waktu kerusakan blok *infeed printing* sebesar 479,642 jam hingga 738 jam, waktu kerusakan blok *printing unit* sebesar 1056,833 jam hingga 4599,833 jam, waktu kerusakan blok *cutter creaser* sebesar 443,188 jam hingga 5369,833 jam, waktu kerusakan blok *delivery unit* sebesar 580,119 jam hingga 822,667 jam.
2. Penerapan usulan perbaikan strategi *maintenance* menjadi *preventive maintenance* meningkatkan nilai keandalan komponen mesin Bobst Lemanic 1150-C didapat nilai kenaikan keandalan blok *unwinder* sebesar 4,69% dengan waktu perbaikan 1800 jam hingga 2160 jam, blok *web splicer* sebesar 18,19% dengan waktu perbaikan 480 jam hingga 960 jam, blok *festoon unit* sebesar 6,04% dengan waktu perbaikan 480 jam hingga 1440 jam, blok *infeed printing* sebesar 10,5% dengan waktu perbaikan 360 jam hingga 720 jam, blok *printing unit* sebesar 5,84% dengan waktu perbaikan 960 jam hingga 3600 jam, blok *cutter creaser* sebesar 21,6% dengan waktu perbaikan 360 jam hingga 4800 jam, dan blok *delivery unit* sebesar 24,86% dengan waktu perbaikan 480 jam.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian ini, saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya antara lain:

1. Melakukan perhitungan nilai keandalan jika dilakukan strategi perawatan *predictive/detective maintenance* pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.
2. Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perhitungan biaya perawatan pada mesin Bobst Lemanic 1150-C.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofyan. 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Edisi Revisi. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Dhillon, B. S., 2006. *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. New York: Taylor&Francis Group.
- Ebeling, C. E., 1996. *An Introduction to: Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: Mc.Graw-Hill.
- Ilwan, Fathiruddin. 2016. Penentuan Jadwal Perawatan Mesin Pompa Melalui Analisis Keandalan Pada PDAM Gubung Lipan. Program Studi Teknik Industri. Samarinda. Universitas Mulawarman.
- Limantoro, Daniel. 2013. *Total Productive Maintenance* di PT. X. *Jurnal Titra*. 1 (1):13-20.
- Mulyana, Dede. 2015. Usulan Penentuan Persediaan Komponen Mesin Conveyor Berdasarkan Keandalan (Studi Kasus : PT. PLTU Banten 2 Labuan). Jurusan Teknik Industri. Banten. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Prawiro, Edward (2012) Perhitungan MTTF Roda Gerinda Silicone Carbide Ø 205 mm Pada Mesin Gerinda. Jurusan Teknik Mesin. Bangka Belitung. Universitas Bangka Belitung.
- Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan Dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Rausand, Marvin, dan Arnjlot Hoyland. 2004. *System Reliability Theory*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Setiawan, Nehemia, Hendry, dkk .2015. Analisis Keandalan Mesin Volpack Pada Produksi Tissue Basah Collogne. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Jurusan Teknik Industri. Malang. Universitas Brawijaya.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

Halaman ini sengaja dikosongkan